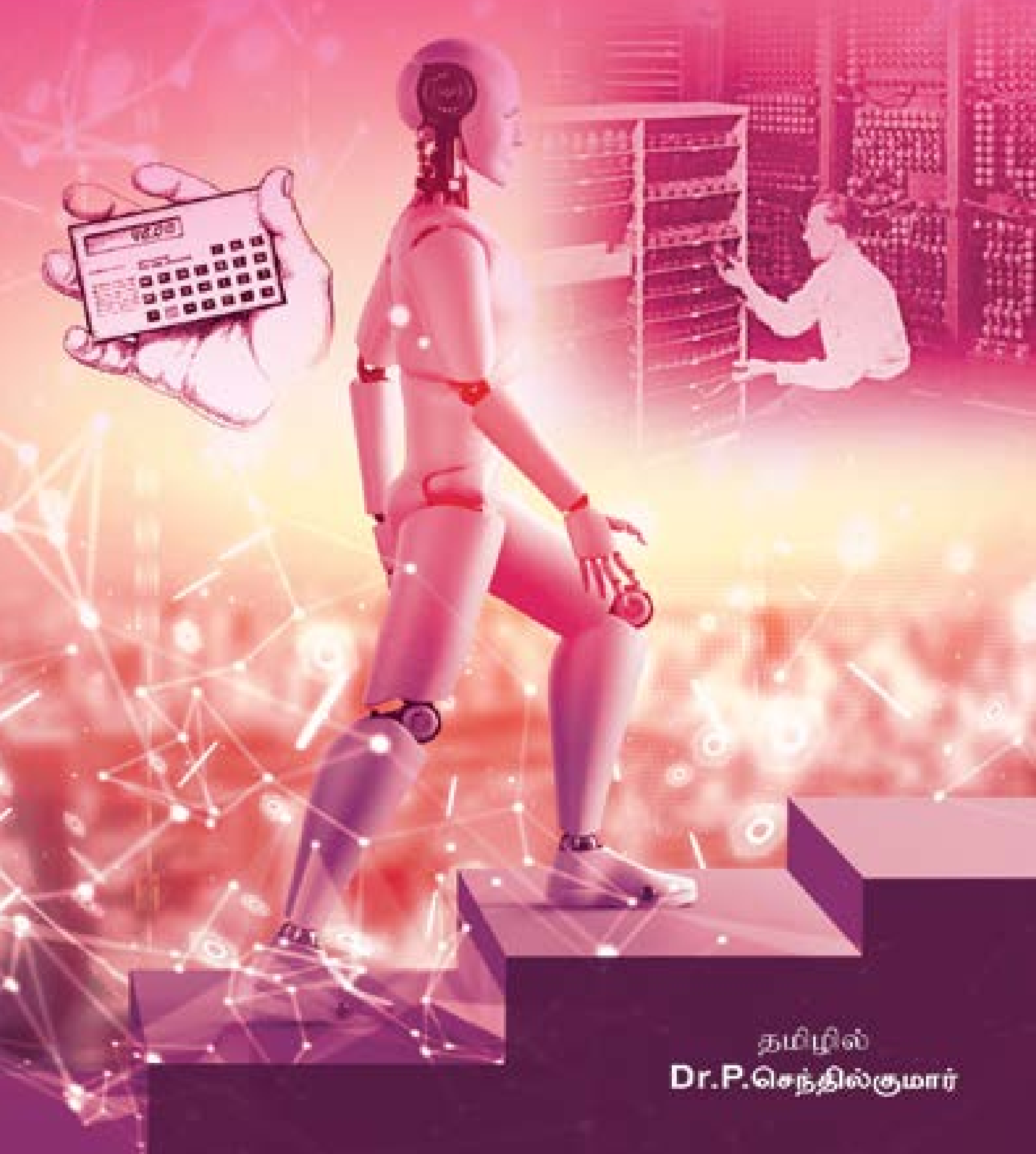
வியத்தகு அறிவியல்

கணினி பற்றி நாம் அறிந்தது எப்படி?

ஐசக் அசிமோவ்



தமிழில்
Dr.P.செந்தில்குமார்

கணினி பற்றி நாம் அறிந்தது எப்படி ?

ஐசக் அசிமோவ்



தமிழில்

Dr. P.செந்தில்குமார்

வியத்தகு அறிவியல்

How we find out about Computers?

By Isaac Asimov

தலைப்பு: *கணினி பற்றி நாம் அறிந்தது எப்படி?*

தமிழில்: **Dr.P.செந்தில்குமார்**

மீள்பார்வையாளர்: Dr.K.V.பாலசுப்பிரமணியன்

பதிப்பு வருடம்: 2021

அட்டை படம் மற்றும் புத்தக வடிவமைப்பு: contactdesignbusiness@gmail.com

அச்சு

விலை:



Learn and Educate

வெளியீடு

தூறல் புக்ஸ்

\# 69, Pillayar koil street, R.V.Nagar,

Jafferkhanpet, Chennai – 600083.

Ph: 044 24892018 / 9840672018

thooralbooks@gmail.com, www.thooralbooks.com

பதிப்புரை

தூறல் புக்ஸ் அறிவியல் நூல் வழியாக பதிப்பக துறையில் தன் இரண்டாம் அடியை எடுத்து வைக்கின்றது. குழந்தைகளுக்கான தரமான நூல்களை தரமான விலையில் கொண்டு சேர்க்கும் முயற்சியில் தூறல் புக்ஸ் தன் இயக்கத்தை செயல்படுத்தி வருகிறது.

அறிவியல் மேதை ஐசக் அசிமோவ் தன் அறிவியல் கட்டுரைகள் மூலம் இவ்வுலகிற்கு மிக சிறந்த பங்களிப்பை ஆற்றியுள்ளார். ரோபோ, மரபணு, விண்வெளி, மற்றும் ஒளியின் வேகம் ஆகிய நூல்களை தொடர்ந்து மறுபடியும் அவரின் ஆக சிறந்த கட்டுரைகளை தொகுத்து தமிழில் **"வியத்தகு அறிவியல்"** என்று 10 சிறு நூல்களாக வெளியிட்டுள்ளோம். அதன் ஒரு சிறந்த நூல் உங்கள் கைகளில் இப்போது தவழ்கிறது.

இந்நூலை தமிழில் கொண்டு வருவதில் தன் மிக முக்கிய பங்கினை ஆற்றிய "*ப்ராஜக்ட் கலெய்டாஸ்கோப்*" குழுவினருக்கு எங்கள் மனமார்ந்த நன்றியினை தெரிவித்து கொள்கிறோம்.

ப்ராஜக்ட் கலெய்டாஸ்கோப் (Project Kaleidoscope)

ப்ராஜக்ட் கலெய்டாஸ்கோப் என்ற இந்த திட்டம் இந்தியன் இன்ஸ்டியூட் ஆ.்.ப் டெக்னாலஜி, மெட்ராஸ் (IIT madras) மூலம் இயங்கக்கூடியதும் பேராசிரியர் சீனிவாச சக்கரவர்த்தியின் மேற்பார்வையில் செயல்பட்டுக்கொண்டிருக்கும் ஒரு கனவு திட்டமாகும். இத்திட்டத்தின் நோக்கமானது ஆங்கில அறிவியல் நூல்கள் நம் தாய் மொழியில் எளிய நடைமுறையில் மொழி பெயர்க்கப்பட்டு சிறந்த நூல்களாக அனைவருக்கும் பயன்படக்கூடிய வகையில் கொண்டு சேர்ப்பதாகும். இவர்களின் பிற மொழிபெயர்ப்பு நூல்கள் கீழ்கண்ட வளைதளங்களில் காணலாம்.

www.arvindguptatoys.com
http://kaleidoscopetamil.blogspot.se/

இந்நூல்களின் மொழிபெயர்ப்புகள் மற்றும் சீராய்வுகள் அனைத்தும் தன்னார்வலர்களால் உருவாக்கப்பட்டது. இந்நூல்களின் தயாரிப்புகளுக்கு MHRD மூலம் நிதி ஆதாரம் பெறப்பட்டுள்ளது.

வருங்காலத்தில் நீங்களும் தரமான அறிவியல் நூல் தயாரிப்புகளில் தங்களை ஈடுபடுத்திக் கொள்ள விரும்பினால் தொடர்பு கொள்ளுங்கள்,
iitm.project.kaleidoscope@gmail.com (தொலைபேசி: +91 44 2257 5125).

மொழி பெயர்ப்பாளரை பற்றி

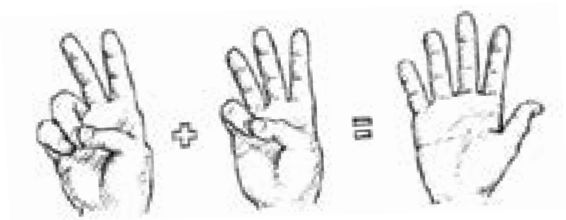
Dr.P.செந்தில்குமார், ஈரோடு மாவட்டம் சத்தியமங்கலத்தில் உள்ள பண்ணாரி அம்மன் தொழில்நுட்ப கல்லூரியில் இயந்திரவியல் துறையில் உதவி பேராசிரியர் ஆக பணியாற்றி வருகிறார். தனது நண்பர்களுடன் சேர்ந்து **'Honeybee Foundation'** என்னும் அறக்கட்டளையை 2010 ல் உருவாக்கி கிராமப்புற மாணவர்களின் கல்வி மேன்பாட்டிற்கு உதவி வருகிறார். மேலும் ஏழை மாணவர்களுக்கு தேவையான உயர்கல்வி சம்பந்தமான ஆலோசனைகளை அவ்வப்போது வழங்கி வருகிறார்.

மீள்பார்வையாளரை பற்றி

Dr.K.V. பாலசுப்பிரமணியன் (வயது 58) மயிலாடுதுறை அருகே உள்ள குத்தாலம் என்ற ஊரைச் சேர்ந்தவர். இயற்பியலில் முது அறிவியல் பட்டம், தமிழ், வரலாறு ஆகியவற்றில் முதுகலைப் பட்டங்களும், ஆய்வியல் நிறைஞர் பட்டமும் பெற்றுள்ளார். தமிழில் "சங்க இலக்கியத்தில் வானிலைச் செய்திகள்" என்ற தலைப்பில் ஆய்வு செய்து முனைவர் பட்டம் பெற்றுள்ளார். இந்தி மொழியில் எழுதிய ஓர் கட்டுரைக்காக குடியரசுத்தலைவரின் "ராஜ்பாஷா கௌரவ் புரஸ்கார்" விருது பெற்றுள்ளார். தமிழ் இலக்கியம், வானிலை, கணினி தொடர்பான பல கட்டுரைகள் எழுதியுள்ளார். "வானிலை அறிந்ததும் அறியாததும்", "நிலநடுக்கம்", "பஞ் சபூதங்கள்", "முக்கனிகள்", "2001ஆம் ஆண்டு கல்கி இதழ்ச் சிறுகதைகள் ஓர் ஆய்வு" ஆகிய நூல்களை வெளியிட்டுள்ளார். கடந்த 37 ஆண்டுகளாக இந்திய வானிலை ஆய்வுத்துறையில் பணிபுரிகிறார்.

1. மணிச்சட்டமும் நழுவு அளவுகோலும்

நாம் பள்ளிக்கு முதன்முதலில் செல்லும்போது எண்களை 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 எனவும் மேலும் பல எண்களை எழுதிடவும் கணக்கீடு செய்யவும் கற்றுக்கொண்டோம். பிறகு எண்களைக் கூட்டவும் கழிக்கவும் கற்றுக்கொண்டோம். எடுத்துக்காட்டாக 3+4=7 எனவும் 5-4=1 எனவும் நாம் அறிந்துகொண்டோம். இந்தக் கூட்டலையும் கழித்தல் முறையையும் நாம் எப்போதும் நினைவில் வைத்திருக்க வேண்டும். ஆனால் சில சமயங்களில் இம்முறை நினைவுக்கு வருவதில்லை. அவ்வாறு மறக்கும்போது நாம் என்ன செய்வது? விரல்களைக் கொண்டு கணக்கிடும் முறையை நம்மில் சிலர் பயன்படுத்தி இருப்போம் (படம் 1).



படம் 1: விரல்களைக் கொண்டு கணக்கிடும் முறை

3+4 என்ற கணக்கிற்கு என்ன விடை வரும்? நம்முடைய ஒரு கையில் மூன்று விரல்களை நீட்டி ஒன்றன்பின் ஒன்றாக 1,2,3 என எண்ண வேண்டும். இதே முறையில் மற்ற இரண்டு விரல்களை நீட்டி 1,2 என எண்ண வேண்டும். இப்போது ஒரு கையில் அனைத்து விரல்களும் நீட்டப்பட்டு இருக்கும். மற்றொரு கையில் 3,4 என இரண்டு விரல்களை நீட்ட வேண்டும். ஒரு கையில் அனைத்து விரல்களும் மற்றொரு கையில் 2 விரல்களும் நீட்டப்பட்டு இருக்கும் இப்போது நீட்டப்பட்ட விரல்களை எண்ணினால் 7 வரும். இவ்வாறு 3+4=7 எனக் கண்டறியலாம்.

5-4 என்ற கணக்கிற்கு என்ன விடை வரும்? ஒன்றன் பின் ஒன்றாக ஐந்து விரல்களை நீட்டி 1,2,3,4,5 என எண்ண வேண்டும். பின்பு, நான்கு விரல்களை மடக்கி 1,2,3,4 எனக் கணக்கிட வேண்டும். ஒரே ஒரு விரல் மீதி இருப்பதால் 5-4=1 ஆகும். கூட்டல் மற்றும்

கழித்தல் செயல்படும் விதம் மற்றும் எண்களைக் கையாளும் விதத்திற்கு "கணக்கீடு" என்று தமிழிலும் "கம்ப்யூட்" என்று ஆங்கிலத்திலும் குறிப்பிடுகிறார்கள். எண்களைக் கூட்டும்போதும் கழிக்கும்போதும் நாம் விரல்களை நீட்டி எண்ணுகிறோம் அல்லது கணக்கீடு செய்கிறோம். அதாவது ஆங்கிலத்தில் கம்ப்யூட் செய்கிறோம். எனவே கணக்கீடு செய்ய நமக்குப் பயன்படும் கருவிகளை ஆங்கிலத்தில் "கம்ப்யூட்டர்" அல்லது தமிழில் "கணினி" என அழைக்கிறோம்.

உண்மையில் உங்கள் மூளையே அசலான கணினியாகும். ஏனெனில் உங்களது மூளை கூட்டல், கழித்தல் ஆகியவற்றைச் செய்கிறது. கணக்கீடுகள் செய்ய உங்களின் மூளைக்கு உதவுகிற கருவிகள் கம்ப்யூட்டர் என ஒரு வகையில் அழைக்கப்படுகின்றன. அவ்வகையில் உங்கள் விரல்களும் கணக்கீடு செய்ய உதவும் கருவிகளே. விரல்களால் கணக்கீடு செய்வதில் பிரச்சனை என்னவென்றால் உங்களிடம் பத்து விரல்கள்தான் உள்ளது. நீங்கள் 8+7 என்ற கணக்கிற்கு விடை காண வேண்டுமென்றால், முதலில் எட்டு விரல்களை நீட்டிய பின்பு மீதி இரண்டு விரல்கள் மட்டும்தான் உள்ளன. இப்போது என்ன செய்வது? 1,2 மீதமுள்ள இரண்டு விரல்களையும் உங்கள் காலணி, காலுறைகளை நீக்கிவிட்டு 3,4,5,6,7 என உங்கள் கால் விரல்களை நீட்டி எண்ண வேண்டும். அனைத்து கை விரல்களையும் ஒரு காலில் உள்ள விரல்களையும் சேர்த்து 8+7=15 என விடை அறியலாம்.

எண்களைக் கூட்டுவதற்கு காலுறை, காலணிகளைக் கழற்றி மாட்டுவது கடினமான காரியமாக இருக்கலாம். இதற்குப் பதிலாக உங்கள் நண்பரின் விரல்களை நீட்டச் சொல்லிப் பயன்படுத்தலாம். ஆனால் இது மிகுந்த சிரமத்தைத் தரக்கூடும். கைகளை நமக்குத் தர நண்பர் அருகில் இல்லாமல் போகலாம். அவ்வாறு இருந்தாலும் அவருக்கு வேறு வேலை இருக்க வாய்ப்புண்டு.

எட்டையும் ஏழையும் கூட்டுவதற்கு ஓர் மிகச் சிறந்த வழி என்னவென்றால் கைகளின் எட்டு விரல்களை நீட்டி அதனுடன் ஏழு விரல்களைச் சேர்க்க மீதமுள்ள இரண்டு விரல்களை நீட்டி

பத்து விரல்களும் பயன்படுத்தப்பட்டதை உறுதி செய்து கொண்டு, இதனை ஒரு காகிதத்தில் பத்து என எழுதிக்கொண்டு, விரல்களை மறுபடியும் 3,4,5,6,7 என எண்ணத் தொடங்கவும். இப்போது ஐந்து விரல்கள் நீண்டு இருப்பதால் காகிதத்தில் எழுதிய பத்துடன் ஐந்தைக் கூட்டும்போது பதினைந்து கிடைக்கும்.

ஆனால் ஏன் விரல்களை மட்டும் பயன்படுத்த வேண்டும்? அவை பத்து மட்டுமெ உள்ளன. விரல்களுக்குப் பதிலாக கூழாங்கற்களை ஏன் பயன்படுத்தக்கூடாது? இதில் உள்ள சிக்கல் என்னவென்றால் விரல்கள் நம்மிடத்தில் உள்ளன, ஆனால் கூழாங்கற்களை நாம் சேகரிக்க வேண்டும். இருந்தபோதிலும் கூழாங்கற்களை ஒரு முறை சேகரித்து வைத்துவிட்டால், நீங்கள் ஒரு பையில் போட்டு வைத்துக்கொண்டு எங்கு வேண்டுமானாலும் எடுத்துச் செல்ல முடியும். உங்களுக்கு எத்தனை வேண்டுமோ அத்தனை கூழாங்கற்களைச் சேகரித்து வைத்துக் கொள்ளலாம். உங்களால் நூறு கூழாங்கற்களைக் கூட சேகரித்து வைத்துக்கொள்ள முடியும்.

இப்போது 254உடன் 127ஐக் கூட்டவேண்டுமென வைத்துகொள்வோம். இதனைக் கூழாங்கற்களைப் பயன்படுத்திச் செய்யமுடியும். முதலில் 254 கூழாங்கற்களை எண்ணி ஒரு குவியலாக வைத்துக்கொண்டு, பிறகு 127 கூழாங்கற்களை எண்ணி மற்றொரு குவியலாக வைக்கவும். இரண்டு குவியலையும் ஒன்றுடன் ஒன்று சேர்த்து எண்ணும்போது 381 கூழாங்கற்கள் இருக்கும். ஆக 254+127=381 கூழாங்கற்கள். இருக்கும். ஆக 254+127=381 கூழாங்கற்கள் கிடைக்கும்.

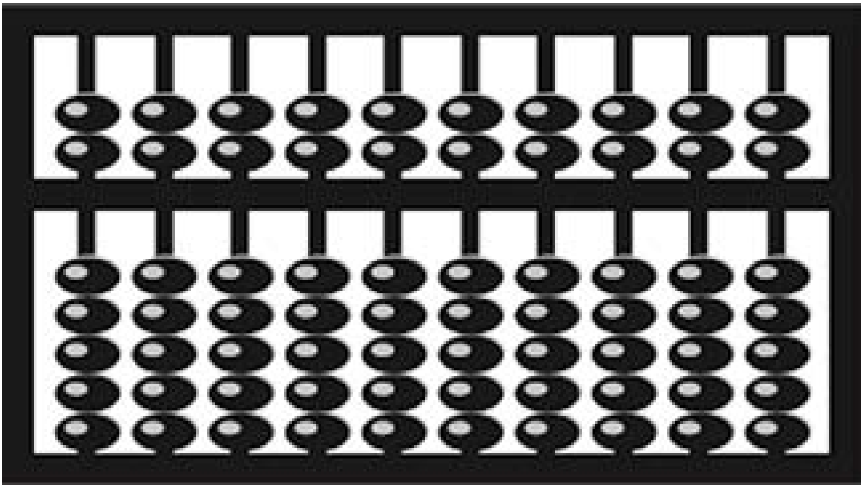
கூழாங்கல்லிற்கு இலத்தீன் மொழியில் “கேல்குலஸ்” என்று பெயர். இதனால்தான் கணக்கீடு செய்வதற்கு, கூழாங்கற்களைக் கொண்டு கணக்கீடு செய்வதற்கு நாம் “கேல்குலேட்” என ஆங்கிலத்தில் சொல்கிறோம். ‘கேல்குலேட்’ என்ற சொல்லும் ‘கம்ப்யூட்’ என்ற சொல்லும் ஒரே பொருளையே குறிக்கின்றன. ஆனால் நாம் ’கேல்குலேட்டர்’ என்ற கருவியை எளிய கணக்கீடுகளைச் செய்வதற்கும்

'கம்ப்யூட்டர்' என்ற கருவியை மேலும் சிக்கலான கணக்கீடுகளைச் செய்வதற்கும் பயன்படுத்துகிறோம்.

இந்தக் கூழாங்கற்களைப் பயன்படுத்துவதில் வேறு ஏதேனும் எளிய முறை உள்ளதா? சிவப்பு கூழாங்கற்களை ***100*** *எனவும் வெள்ளை கூழாங்கற்களை* ***10*** *எனவும் நீல கூழாங்கற்களை* ***1*** *எனவும் கருதவும். இரண்டு சிவப்பு, ஐந்து வெள்ளை, நான்கு நீலக் கூழாங்கற்களை குவியலாகச் சேர்த்து* ***254***ஐ *உருவாக்கவும். ஒரு சிவப்பு, இரண்டு வெள்ளை, ஏழு நீலக் கூழாங்கற்களை குவியலாகச் சேர்த்து* ***127***ஐ *உருவாக்கவும். இரண்டு குவியலையும் ஒன்றாக சேர்க்கும்போது மூன்று சிவப்பு, ஏழு வெள்ளை, பதினோறு நீல கூழாங்கற்கள் கிடைக்கும். பத்து நீல கூழாங்கற்களுக்குப் பதிலாக ஒரு வெள்ளை கூழாங்கல்லை இணையாகப் பரிமாற்றம் செய்யலாம். இறுதியாக மூன்று சிவப்பு, எட்டு வெள்ளை, ஒரு நீல கூழாங்கற்கள், ஆக* ***381*** *என்ற விடை கிடைக்கும். இந்த முறையிலும் சில பிரச்சனைகள் உள்ளன. கூழாங்கற்களைப் பையில் போகுமிடமெல்லாம் தூக்கிச் செல்லவேண்டும். கற்களின் வண்ணத்தினையும் சரியாக நினைவில் வைக்க வேண்டும்.*

பல்லாயிரம் ஆண்டுகளுக்கு முன்னால் கம்பிகள் வைத்த மரச்சட்டம் யாரோ ஒருவரால் உருவாக்கப்பட்டது. ஒவ்வொரு கம்பியிலும் மிகச்சிறிய பத்து வில்லைகள் சேர்க்கப்பட்டு முன்னும் பின்னுமாக நகருமாறு அமைக்கப்பட்டது. முதல் கம்பி ஒன்று எனவும் இரண்டாவது கம்பி பத்து எனவும் மூன்றாவது கம்பி நூறு எனவும் நான்காவது கம்பி ஆயிரம் எனவும் கருதப்பட்டது. மேற்கொண்டு உங்களுக்கு தேவையான அளவில் கம்பிகளைச் சேர்த்துக் கொள்ளலாம்.

கணக்குகளைத் தீர்க்கும்போது, ஒவ்வொரு கம்பியிலும் உள்ள வில்லைகளை எண்ணி ஒரு ஓரத்திலிருந்து மறு ஓரத்திற்கு நகர்த்த வேண்டும். ஒரு கம்பியில் பத்து வில்லைகள் எண்ணி முடித்தபின்பு அடுத்த கம்பியில் ஒரு வில்லையை நகர்த்தலாம். இதைப் போன்ற ஓர் கருவிதான் "மணிச்சட்டம்" ஆகும் (படம் ***2****).*



படம் 2 : மணிச்சட்டம் (ஆங்கிலத்தில் அபாக்கஸ்)

கூட்டல் மற்றும் கழித்தல் கணக்கிடுகளை எவ்வாறு செய்வது என்பதை மணிச்சட்டம் கொண்டு ஒருவரால் எளிதாக கற்றுக்கொள்ள முடியும். இருபது விரல்கள் கொண்ட பலப்பல கைகள் உள்ள ஒரு அமைப்பு போன்றது. பல வண்ணங்கள் கொண்ட கூழாங்கற்கள் போன்ற அமைப்பாகும். ஆனால், மனிச்சட்டத்தில், அனைத்து வில்லைகளும் ஒரே வண்ணத்தில் இருக்கும்.

இதை காட்டிலும் சற்று சிக்கலான மனிச்சட்டத்தில் கம்பிகள் இரண்டு பிரிவுகளாகப் பிரிக்கப்பட்டிருக்கும். முதல் பிரிவில் ஐந்து வில்லைகள் இரண்டாவது பிரிவில் இரண்டு வில்லைகள். முதல் பிரிவில், முதல் வரிசை 1,2,3,4,5, இரண்டாம் வரிசை 10.20.30.40.50, மூன்றாம் வரிசை 100,200,300,400,500 என மதிப்பீடு கொண்டதாக இருக்கும். இந்த மணிச்சட்டம் பெருக்கல், வகுத்தல் மற்றும் சிக்கலான கணக்குகளை செய்ய பயன்படுத்தப்படும்.

மணிச்சட்டம் முற்றிலும் கைகளால் இயக்கப்படுகிறது. அனைத்து வில்லைகளும் ஒரு குறிப்பிட்ட கம்பியின் ஒருபுறம்

நகர்த்திய பின்பு மறுபடியும் பின்புறம் நகர்த்த வேண்டும். அதாவது ஒன்று முதல் பத்து வரை முதல் வரிசையில் உள்ள வில்லைகளை இடப்பக்கத்திலிருந்து வலப்புறம் நகர்த்தி எண்ணிய பின்னர் மீண்டும் அவற்றை இடப்புறமே தள்ளி வைத்துவிட்டு அடுத்த வரிசையில் உள்ள ஓர் வில்லையை இடப்புறத்திலிருந்து வலப்புறம் தள்ளவேண்டும். மணிச்சட்டம் தானாக இயங்குவதற்கு ஏதேனும் வழி உள்ளதா?

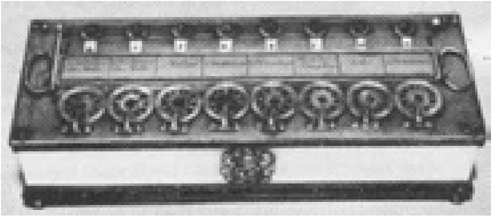
1644 ஆம் ஆண்டு, பிரஞ்சு கணித மேதை பிளேசி பாஸ்கல் (ஙிறீணீவீஙமீ றிணீஙநீணீறீ 1623-1662) (படம் 3) அப்படியொரு தானியங்கி மணிச்சட்டதை உருவாக்கினார். இந்தக் கருவி, தொடராக பின்னிப்பூட்டப்பட்டச் சக்கரங்களை கொண்டது. ஒவ்வொரு சக்கரமும் முழுவதுமாக திரும்புவதற்கு 10 துவாரங்கள் வழியாக நகர வேண்டும். இவ்வாறு நகரும்பொழுது துவாரங்கள் வழியாக எண்கள் தெரியும். 0,1,2,3,4,5,6,, 7, 8,9 கடைசியாக 0 தெரியும்.

இவ்வாறாக 0 வந்த பிறகு, இந்தச் சக்கரம் அதற்கு இடப்புறமுள்ள அடுத்த சக்கரத்தை சிறிது முன்னே நகற்றும். இதனால் இடப்புறம் உள்ள சக்கரம் பூஜ்ஜியத்திலிருந்து ஒன்றிற்கு நகரும். இந்த முறையில் நீங்கள் 9 உடன் 1ஐக் கூட்டி 10 என விடை பெறலாம். வலப்புறம் உள்ள சக்கரம் ஒவ்வொரு முறையும் முழுவதுமாக திரும்பும்பொழுது, இடப்புறம் உள்ள சக்கரம் சற்று முன்னேறும். கடைசியாக 99 வரும் பொழுது, வலப்புற சக்கரத்தை பூஜ்ஜியம் வரை நகர்த்தும்போது, இடப்புற சக்கரம் சற்று நகர்ந்து பூஜ்ஜியத்தை அடையும். அப்போது இடப்புறத்தில் உள்ள மூன்றாவது சக்கரம் நகர்ந்து 1 எனக் காட்டும். அதாவது 100 எனக் காட்டும். சக்கரத்தை பின்புறம் நகர்த்தி கழித்தல் கணக்கீடும் செய்யலாம்.



படம் 3: பிரஞ்சு கணித மேதை பிளேசி பாஸ்கல்

பாஸ்கலின் கருவியே (படம் 4) முதல் இயந்திரக் கணிபொறி ஆகும். மனிதனால்



படம் 4: பாஸ்கலின் கருவி

இயக்கப்படாமல் தானாக இயங்கக்கூடிய முதல் கணக்கிடும் கருவி ஆகும். பாஸ்கலின் கருவியைக் கொண்டு பெருக்கல் மற்றும் வகுத்தல் கணக்கீடுகள் செய்ய இயலும். *61X42*க்கு தீர்வு காண வேண்டும் என்றால் *61+61+61....*ஆக நாற்பத்தியிரண்டு *61*களைக் கூட்ட வேண்டும். கடைசியாக *2562* என்று விடை கிடைக்கும்.

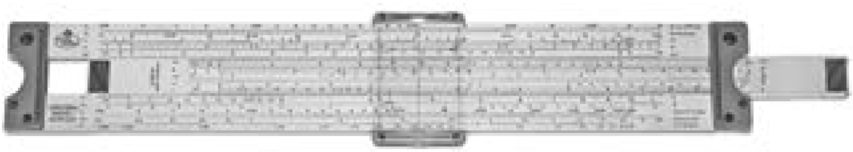
இவ்வாறு செய்வதற்கு அதிக நேரம் தேவைப்படும். இதில் எண்ணுவதில் பிழை ஏற்பட வாய்ப்புள்ளது. *1671*ல் ஜேர்மனிய கணிதவியலாளர் , காத்வாயர்டு வில்கம் லிபினஸ் **(Gottfried Wilhelm Leibniz,** *1646-1716)* பாஸ்கலின் கருவியைக் காட்டிலும் சிக்கலான கருவியை பெருக்கல் மற்றும் வகுத்தல் கணக்குகளைச் செய்ய உருவாக்கினார்.

பாஸ்கல் மற்றும் லிபினஸ் உருவாகிய இயந்திரக் கேல்குலேட்டர்கள் அன்றைய காலத்தில் அதிகமாகப் பயன்படுத்தபடவில்லை. இந்தக் கருவிகள் விலை உயர்ந்ததாகவும் எளிய கணக்குகளை மட்டுமே தீர்க்க கூடியதாக இருந்தது. ஆனால் இந்த கணக்குகள் மனிதரால் எளிதாக காகிதத்தில் தீர்க்க கூடியவையாக இருந்தன.

மிகவும் பிரபலமான கணக்கிடும் கருவி ஸ்காட்லாந்து நாட்டைச் சேர்ந்த கணிதவியலாளர் ஜான் நேப்பியர் **(John Napier,** *1550-1617)* என்பவரால் கண்டறியப்பட்டது. எண்களை மடக்கை விதி முறையில் கணக்கிடும் முறையை *1594* லிருந்து *1614* இடைப்பட்ட காலத்தில் கண்டறிந்தார். நேப்பியர் ஒரு மடக்கை வாய்ப்பாட்டை உருவாக்கி அதன்முலம் எந்த எண்ணிற்கும் மடக்கை எண் கண்டறிய இயலும் என்றார்.

இரண்டு எண்களைப் பெருக்குவதற்கு பதிலாக, அந்தஎண்களுக்கு மடக்கை எண் கண்டறிந்து கூட்ட வேண்டும். இவ்வாறு கூட்டுவதால் கிடைக்கும் எண்ணிற்கு மடக்கை எண் கண்டறிந்தால் பெருக்குவதால் கிடைக்கும் அதே எண் கிடைக்கும். இதே போல் இரண்டு எண்களை வகுப்பதற்கு பதிலாக, மடக்கை எண் கண்டறிந்து அந்த இரண்டு எண்களை கழிக்க வேண்டும். இவ்வாறு கழித்து வரும் எண்ணுக்கு மடக்கை எடுத்தால் விடை கிடைக்கும். பெருக்கல், வகுத்தல் ஆகியவற்றைக் காட்டிலும் கூட்டல் கழித்தல் எளிமையாக இருப்பதால் மடக்கை முறை கடினமான பெருக்கல், வகுத்தல் செய்வதற்கான ஒரு குறுக்கு வழி ஆகும்.

1632 ல் ஆங்கில கணிதவியலாளர், வில்லியம் ஆல்பர்ட் **(William Oughtred,** *1574-1660)* மடக்கை பார்ப்பதில் வீணாகும் நேரத்தை எவ்வாறு நீக்குவது என் கண்டறிந்தார். ஒரு மர அளவுகோலில் இரண்டு எண்களுக்கு இடையேயான துரத்தை மடக்கைக்கு சமமாக இருக்குமாறு அமைத்தார். இவ்வாறாக இரண்டு அளவுகோலை அருகில் வைத்து ஒன்றன்மேல் ஒன்று நகருவது போல அமைக்க வேண்டும். இந்த அளவுகோலை நகர்த்தி ஒரு எண்ணுடன் மற்றொருஎண்ணைக் கூட்டலாம். இந்த முறையில் எளிமையாக பெருக்கலால் வரும் தீர்வை கண்டறிய முடியும். ஒரு அளவுகோலை எதிர்திசையில் மற்றொரு அளவுகோலின் மீது நகர்த்தி, கழித்தலுக்கான மடக்கை கண்டறிவதன் மூலம் வகுத்தல் கணக்கீடுகளையும் செய்ய முடியும்.



படம் 5: நழுவு அளவுகோல்

இந்தக் கருவி நழுவும் அளவுகோல் (படம் 5) எனப்படும். இதன்மூலம் மிக கடினமான கணக்குகளைக் கூட எளிமையாகத்

தீர்க்க இயலும். 1960களில் நழுவு அளவுகோல் அறிவியலாளர்கள் மற்றும் மாணவர்களால் பயன்படுத்தப்பட்ட முக்கியமான கருவி ஆகும். எனது கல்லூரிநாட்களில் நான் அதை பயன்படுத்தி உள்ளேன். இன்றும் அது என்னிடம் உள்ளது.

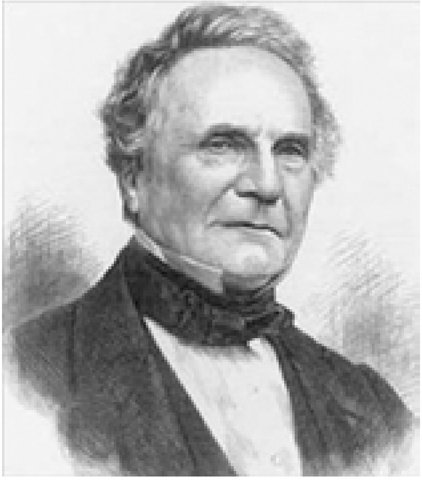
இரண்டாம் உலகப் போர் வரையிலும், சீனா, ஜப்பான் போன்ற நாடுகளில் மணிச்சட்டம் பயன்படுத்தப்பட்டது. அனுபவசாலிகளால், மணிச்சட்டதை நழுவு அளவுகோலின் வேகத்திற்கு இணையாக பயன்படுத்த முடியும். உண்மையில் பாஸ்கல் கருவி அழிந்துவிடவில்லை. கார்களில் பயன்படுத்தப்படும் தூரத்தை கணக்கிடும் கருவியானது இந்த பாஸ்கல் கருவியை போல வேலை செய்கிறது.

2. பற்சக்கரம் மற்றும் துளை அட்டை

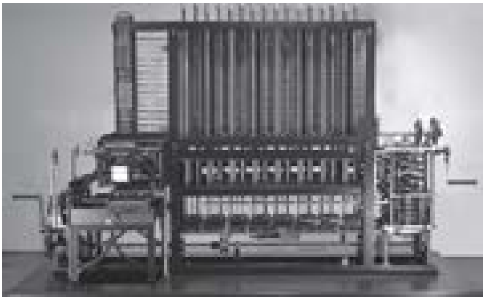
நழுவு அளவுகோலில் உள்ள முக்கிய பிரச்சனை அது தோராயமான விடையை மட்டுமே தரும். 5432 X 4739இன் தீர்வை சில நொடிகளில் நழுவு அளவுகோலை கொண்டு 2,57,00,000 என கூற முடியும். ஆனால் சரியான விடை 2,57,42,248 என்பதாகும்.

பாஸ்கல், லிபினஸ் ஆகியோரால் உருவாக்கப்பட்ட கருவிகளைக் காட்டிலும் துல்லியமான தீர்வை தரும் கருவியை உருவாக்க முயன்ற முதல் மனிதர் சார்லஸ் பாப்பேஜ் (Charles Babbage 1792-1871) (படம் 6). இவருக்குப் பரம்பரைச் சொத்து இருந்தது. எனவே பணத்தைப் பொருட்படுத்தாமல் தனது முழுநேரத்தையும் கணிதத்திலேயே செலவிட்டார்.

இவர் கணக்கிடும் முறையில் அதிகக் கவனம் செல்லுத்தினார். மேலும் மடக்கை முறையில் கணக்கீடுகளைச் செய்யும்போது அதிகப் பிழைகள் ஏற்படுவதால் பயனாளர்களுக்கு தவறான விடைகள் கிடைக்க வாய்ப்புள்ளதாக கருதினார். பாப்பேஸ் இம்முறையில் உள்ள பிழைகளை கண்டறிந்து சரிசெய்யக் கடினமாக உழைத்தார். 1822ல் மடக்கையை தானியங்கியாகக் கணக்கிடும் கருவி ஒன்று இருந்தால் தனது நேரத்தை மிச்சப்படுத்தும் என யோசித்தார். இதனைச் செய்யச் சிக்கலானதொரு கருவியை உருவாக்க அவர் திட்டமிட்டார். இந்தக் கருவி பல சிறிய உலோகக் கம்பிகள், சக்கரங்கள், பற்சக்கரங்கள், நழுவு திருகிகள் ஆகியவற்றை கொண்டு தொடர் எண்கணித கணக்குகளை தீர்க்கப் பயன்பட்டது.



படம் 6: சார்லஸ் பாபேஜ்



படம் 7: சார்லஸ் பாபேஜின் கருவி

ஒவ்வொரு தீர்வும் புதிய கணக்கினை உருவாக்கியதுடன் அந்தப் புதிய கணக்கு புதிய தீர்வுக்கு வழிகாட்டியது. ஒவ்வொரு தீர்வும் மடக்கைக்கு அருகாமையில் இருந்ததால், உண்மையான மடக்கை எண்ணைக் கண்டறிந்தால் எளிமையான தீர்வினை அடைய முடியும் என அவர் நம்பினார்.

இந்தக் கருவியில் (படம் 7) கம்பி, சக்கரம், நழுவு திருகி மற்றும் பற்சக்கரம் சரியான வடிவத்திலும் அளவிலும் பொருந்தும் வகையில் இருந்தால் எந்தவிதத் தவறும் நிகழ வாய்ப்பு இல்லை. ஆனால் இந்த இடத்தை தான் புரிந்து கொள்ள வேண்டும். பாப்பேஸ் அதிகப்படியான பணத்தையும் வேலையாட்களையும் செல்விட்டபோதிலும் கருவியின் அனைத்துப் பாகங்களையும் சரியாக இயக்கும் முறையை 1800இல் அவரால் சரிவரக் கண்டறிய இயலவில்லை. கருவியின் பாகங்கள் சரியாக பொருந்தாமல் சிக்கி, நழுவி தவறான விடை கிடைத்தது.

பாப்பேஸ் இதை பற்றி அதிகம் சிந்தித்தபோது அதைப் பற்றிய ஆர்வம் அதிகரித்தது. இந்தக் கருவி ஒருவிதமான கணக்குகளை மட்டும் தீர்ப்பதால் இந்த மடக்கை கணக்கிடும் கருவி மட்டும் போதாது என பாப்பேஸ் முடிவு செய்தார்.

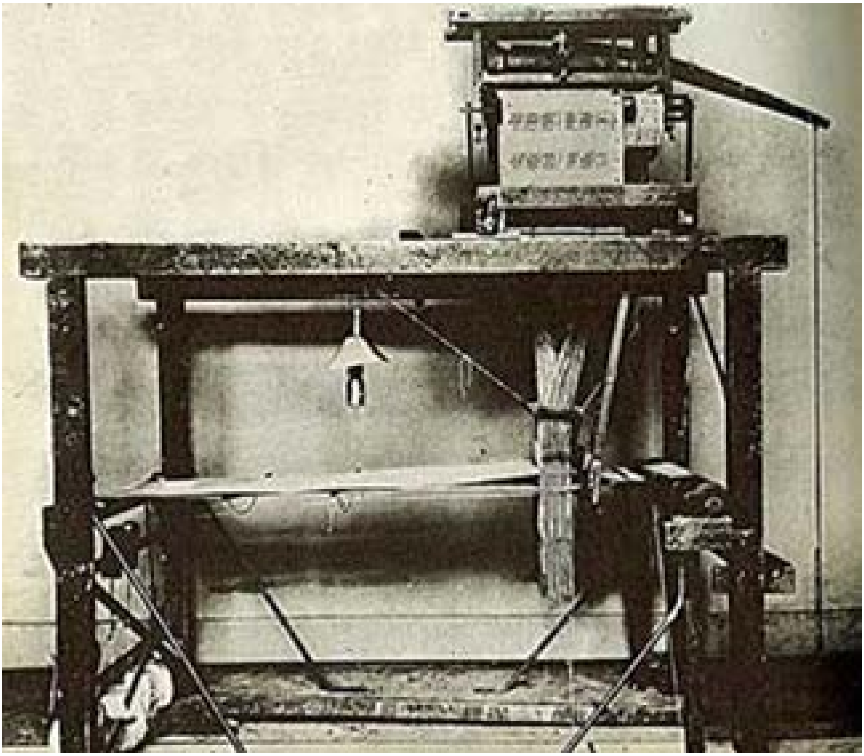
அனைத்துவிதமான எண்களைக் கொண்டு அனைத்துவிதமான கணக்குகளையும் தீர்க்கக்கூடிய ஒரு கருவியை ஏன் உருவாக்கக இயலாது என பாப்பேஸ் யோசித்தார். இந்தக் கருவி பல கம்பி, சக்கரம், பற்சக்கரம், நழுவு திருகியுடன் கூடிய ஒரு அமைப்பில் இருந்து மற்றொரு அமைப்புக்கு மாற்றப்பட்டு பலதரப்பட்ட கணக்குகளை தீர்ககூடியதாக இருக்கும். இந்த முறை 'நிரலாக்கம்' அமைக்க

அறிவுறுத்தியது. இந்தக் கருவி கணக்கின் தீர்வைக் கண்டறிந்தவுடன் மணிச்சத்தம் எழுப்பும். இந்தத் தீர்வினை பின்னர் பயன்படுத்தும் வகையில் கம்பி, சக்கரம் ஆகியவற்றின் இடங்கள் நிலைநிறுத்தப்பட்டு தேவைப்படும்பொழுது உபயோகிக்கப்பட்டது. இந்த முறையில் கருவி சேமிப்பு முறையையும் கொண்டிருந்தது. கடைசியாக, கருவியானது அச்சுக்கருவியில் இணைக்கப்பட்டு விடை அச்சடிக்கப்படும்.

கணக்குகளைச் செய்யும் வழிமுறை (இதனை கணினி மொழியில் ப்ரகராமிங் அல்லது நிரலாக்கம் எனச் சொல்வர்), கணக்குகளுக்கான விடைகளைச் சேமித்தல், மேலும் தீர்வுகளை காட்சிப்படுத்துதல் கொண்ட ஒரு அமைப்பினை அல்லது கருவியினை இன்று நாம் கணிப்பொறி என்கிறோம் பாப்பேஸ் உருவாக்க நினைத்த இந்த கருவியே முதல் கணிப்பொறி ஆகும். பாப்பேஸ் தன்னுடைய கோட்பாடில் சரியாக இருந்தார். ஆனால் அவரால் அனைத்து பாகங்களையும் சரியாக பொருத்த இயலவில்லை. அவர் தன்னுடைய ஆர்வத்தால் புது புதுக் கருத்துக்கள் சிந்தித்து, மிகச் சிக்கலான கருவியை உருவாக்கினார். அவர் அரசாங்கம் மற்றும் அறிவார்ந்த சமுகத்தைப் பண உதவி செய்யுமாறு கேட்டார். மேலும் தனது சொந்த பணத்தையும் இதில் செலவிட்டார். இருப்பினும் அவரால் இந்த கருவியை முழுவதுமாக உருவாக்க இயலவில்லை. அவர் உருவாக்கிய கருவியின் ஒரு பகுதி இன்றும் லண்டனில் உள்ள அறிவியல் அருங்காட்சியகத்தில் உள்ளது.

மக்கள் பாப்பேஸ் தோல்வியுற்றவர் என்றும் அவரால் கற்பனை செய்யப்பட்ட கருவி உருவாக்குவது கடினம் என்றும் கருதினர். ஆனால் உண்மையில் அவரது கொள்கை முற்றிலும் சரியானது என்பதை மக்கள் மறந்து விட்டனர். இவர் ஒருநூற்றாண்டுக்கு முன்னதாக பிறந்துவிட்டார். இவருக்கு தேவைப்பட்ட பொருட்கள் அனைத்தும் 1800களில் கண்டுபிடிக்க படவே இல்லை. பாப்பேஸ் தன்னுடைய கருவியை கட்டுபடுத்த நினைத்த வழிமுறையானது பிரெஞ்ச நெசவாளி ஜோசப் மேரி ஜெக்வர்டு (Joseph Marie Jacquard, 1752-1834) என்பவரால் பயன்படுத்தப்பட்ட முறையாகும்.

1801இல் ஜெக்வர்டு நெசவுத் தறியை கட்டுபடுத்தும் முறையை கண்டறிந்து அதன் மூலம் துணி நெசவில் ஒரு வகையான முறை வடிவமைத்தார். நூல்கள் ஒரு தொடரான கம்பிகளால் எடுத்து செல்லப்பட்டன. சில கம்பிகளை இயங்க வைத்து, சில கம்பிகளை நிலை நிறுத்தி ஒரு வகையான நூல்கள் மட்டும் பின்னப்படும். ஒரு சமயத்தில் சில கம்பிகளும் மற்ற சமயத்தில் பிற கம்பிகளும் பயன்படுத்தப்பட்டு ஒருவகையான உரு அமைப்பு பின்னப்படும். எப்போது எந்தக் கம்பிகள் இயங்க வேண்டும் எந்தக் கம்பிகள் இயங்காமல் நிலை நிறுத்தப்பட வேண்டும் என்பதை மனிதர்கள்தான் முடிவுசெய்ய வேண்டும்.



படம் 8: ஜெக்வர்டு தறி

இந்த முறை ஜெக்வர்டு 'துளையிடப்பட்ட அட்டை' முறையை உருவாக்கப்படும் வரை பயன்பாட்டில் இருந்தது. சில கம்பிகள் அட்டைகளால் தடுக்கப்பட்டது. ஆனால் சில துளைகள் வழியாக அனுப்பப்பட்டது. பலதரப்பட்ட துளையிடப்பட்ட அட்டைகள் நகர்த்துவதன் மூலம் கம்பிகளை முறைப்படுத்த முடியும். இது ஜெக்வர்டு தறி (படம் 8) எனப்படும்.

பாப்பேஜ் துளையிடப்பட்ட அட்டைகளைக் கொண்டு தனது கருவியை கட்டுப்படுத்தினார். ஆனால் அதைச் சரியாக இயக்க முடியவில்லை. ஆனால் 50 வருடங்களுக்குப் பிறகு துளையிடப்பட்ட அட்டையைக் கொண்டுதான் இந்த கருவி இயக்கப்பட்டது.

இந்நிகழ்ச்சி அமெரிக்காவில் நிகழ்ந்தது. 1800களில் அமெரிக்காவில் மக்கள் தொகை அளவு மற்றும் செல்வங்கள் பெருகின. ஒவ்வொரு 10 வருடத்திற்கு ஒரு முறை அரசாங்கம் ஒரு கணக்கெடுப்பு நடத்தியது. இந்த கணக்கெடுப்பில் நாட்டில் உள்ள மக்களின் வயது, வீடு, தொழில், வாழ்கை முறை ஆகியன கண்டறியப்பட்டது. அமெரிக்காவின் வளர்ச்சிக்கும் அதனை எவ்வாறு பணக்கார நாடாக மாற்றுவது என்பதற்கும் இந்தக் கருத்து கணிப்பு முக்கிய பங்கு வகித்தது.

1880களில் எடுத்த கணக்கெடுப்பினை ஆராய்வதற்கு மட்டுமே பல வருடங்கள் ஆகின. இந்தக் கணக்கெடுப்பினை ஆய்ந்து அதனடிப்படையில் முடிவுகள் எடுக்கும் முன்னர் 1890 கணக்கெடுப்பு வந்துவிட்டது. எனவே எண்களை விரைவாக முறைப்படுத்த ஒருவழி தேவைப்பட்டது. மனிதர்களை விடவும் வேகமாகக் கணக்குகளை செய்யக் கூடிய ஒரு இயந்திரக் கருவி தேவைப்பட்டது.

1880களில் சில முன்னேற்றங்கள் நிகழ்ந்தன. சக்கரம் மற்றும் பல்சக்கரம் சிறிய அளவில் துல்லியமாக தயாரிக்கப்பட்டன. இதனால் இவை நன்றாகப் பொருந்தின. இயந்திரங்கள் பாஸ்கல், லிபினஸ் ஆகியோர் உருவாக்கிய முறையில் செய்யப்பட்டு அதேசமயம் பெரியதாகவோ அல்லது விலையுயர்ந்ததாகவோ இல்லாமல் வடிவமைக்கப்பட்டது.

இது போன்ற பல கருவிகள் உற்பத்தி செய்யப்பட்டு அலுவகங்களுக்கு விற்கப்பட்டது.



படம் 9: 1875இல் உருவாக்கப்பட்ட கேல்குலேட்டர்

இந்தக் கருவிகள் கடினமாக வேலை செய்யக்கூடியதாக இருந்தன. 1870களில் வில்லியம் தாம்சன் **(William Thompson,** *1824-1907) (இவர் பின்னாளில் லார்ட் கெல்வின்* (Lord Kelvin) *என அழைக்கப்பட்டார்) இது போன்ற ஒரு கருவியை வடிவமைத்தார் (படம் 9). திறமையாக வடிவமைக்கப்பட்ட பல்சக்கரம் மற்றும் சக்கரத்தைக் கொண்டு கடற்கரையில் பெரிய சிறிய அலைகள் கணக்கிடப்பட்டன. இந்த கருவி பல வருடங்கள் பயன்பாட்டில் இருந்தது.*

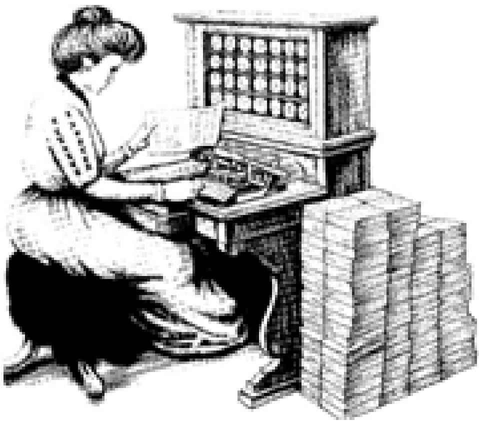
இது மிகப் பிரத்யோகமாக வடிவமைக்கப்பட்டது. அநேக கணக்கிடும் கருவிகள் எண்களைக் கையாண்டன. இவை எண் இலக்கக் **(digital)** *கணிப்பு கருவிகள் என்றழைக்கப்பட்டன அல்லது எண்முறை கணிப்பொறி (இலக்கம் என்ற வார்த்தை எண்களையும் ஒரு காலத்தில் நாம் பயன்படுத்திய விரல் கணக்குகளைக் குறிப்பதாகும்) எனப்பட்டது. பாப்பேஸ் நினைத்த கருவி எண் இலக்க கணிப்பொறி போன்றதாகும்.*

சிலவகைக் கணக்கீட்டு கருவிகள் எண்களை பயன்படுத்தாமல் அதற்கு மாற்றாக வேறு சிலவற்றைப் பயன்படுத்தின. அவை தொடர்வகை

கணக்கிடும் (ஆங்கிலத்தில் 'அனலாக்') கருவி அல்லது தொடர்வகை கணிப்பொறி என்றழைக்கப்பட்டது. நழுவு அளவுகோல் எண்களை, நீளத்தின் அடிப்படையில் அளக்கின்றது. அவ்வகையில் இது ஒரு தொடர்வகைக் கணக்கீட்டு கருவி ஆகும். கெல்வின் கருவி பல்சக்கரம் நகர்வதை கொண்டு தூரத்தை அளவிடும் தொடர்வகை கணக்கிடும் கருவி ஆகும். எதிர்காலம் முழுவதும் இலக்க எண்முறை கருவியை சார்ந்து இருக்கும். இவை உயர்தர பாகங்களுடன் உருவாகுவதுடன் மின்சாரம் பயன்படுத்துவதால் இது மற்ற பணிகளைச் செய்வதற்கும் பயன்படுத்தப்பட்டன.

1880களில் அமெரிக்க கண்டுபிடிப்பாளர் ஹெர்மன் ஹோலாரித் **(Herman Hollerith,** 1860-1929) மக்கள் தொகை கணக்கெடுப்பினை ஆய்வு செய்வதில் உள்ள குறைகளைக் கையாண்டார். அவர் துளையிடப்பட்ட அட்டைகளை ஜெக்வர்டு, பாப்பேஜ் ஆகியோர் பயன்படுத்தியது போலப் பயன்படுத்தினார். கணக்கெடுப்பில் உள்ள தகவலுக்கு தகுந்தவாறு ஒவ்வொரு அட்டையும் துளையிடப்பட்டன. அட்டையில் உள்ள துளையானது ஒருவரை ஆண், பெண் எனவும் அறுபது அல்லது நாற்பது வயது எனவும் விவசாயி அல்லது தொழிலாளி என்பதையும் குறிக்கும்.

இவ்வாறு சேகரிக்கப்பட்ட தகவல்களை ஆராய்வதற்காக, துளையிடப்பட்ட அட்டைகள் ஒரு உலோக மேடையின் மீது வைக்கப்பட்டு, ஓர் உலோகக் கருவி அதன் மீது வைத்து அழுத்தப்படும். இந்த கருவியில் ஊசிகள் இருக்கும். இந்த ஊசிகளில் சில அட்டைகளால் தடுக்கப்பட்டன, சில அட்டைகளின் ஓட்டைகள் வழியே உள்ளே செல்லும். இந்த ஊசிகள் துளைகள் வழியாக செல்லும்பொழுது கடைசியாக அடியில் உள்ள பாதரசத்தை அடையும். மின்சாரம் துளை வழியாக செலுத்தப்பட்டு, அந்த மின்சாரம் கடிகாரம் போன்ற வட்ட வடிவ அமைப்பில்/அளவுகோலில் உள்ள முள்ளை நகர்த்தும். இம்முறையில் நாம் கூட்டல், கழித்தல் கணக்குகளைச் செய்யத் தேவையில்லை துளையிடப்பட்ட அட்டையை இயந்திரத்தின் வழியாக வேகமாக அனுப்பும்பொழுது வட்ட வடிவ அளவுகோலில்



படம் 10: ஹோலரித்தின் அட்டவணைப்படுத்தும் கருவி

காட்டும் எண்களை குறித்துக் கொண்டால் மட்டும் போதுமானது.

1890களில் மக்கள் தொகை கணக்கெடுப்பு ஹோலரித் துளையிடப்பட்ட அட்டையைக் கொண்டு நடத்தப்பட்டது. 1890களில் நடத்தப்பட்ட மக்கள் தொகை கணக்கெடுப்பின் தகவல் 1880களின் தகவலை காட்டிலும் அதிகமாக இருந்தபொழுதிலும் 1890 களின் கணக்கெடுப்பு 1880களின் கணக்கெடுப்பினை காட்டிலும் மூன்றில் ஒரு பங்கு நேரத்தில் ஆய்வு செய்யப்பட்டன.

முதன்முதலாக மனிதருக்கு இயந்திர கணிப்பொறிக்கு பதிலாக மின்னியந்திரக் கணிப்பொறி கருவி கொடுக்கப்பட்டது. அனைத்து வகையான தகவல் மற்றும் செய்திகளை கையாளக்கூடிய கருவியை 1896களில் ஹோலரித் ஒரு கம்பெனியை உருவாக்கி தயாரித்தார். அதற்க்கு அட்டவணைப்படுத்தும் கருவி (படம் 10) நிறுவனம் **(Tabulating Machine Company)** *என பெயரிட்டார். இந்த நிறுவனம் வளர்ந்து சர்வதேச வணிக நிறுவனம்* **(International Business Machines Corporation)** *என மாற்றம் பெற்றது. இது இப்போது மிங்வி என அழைக்கப்படுகிறது .*

3. இரும எண்களும் நிலை மாற்றிகளும்

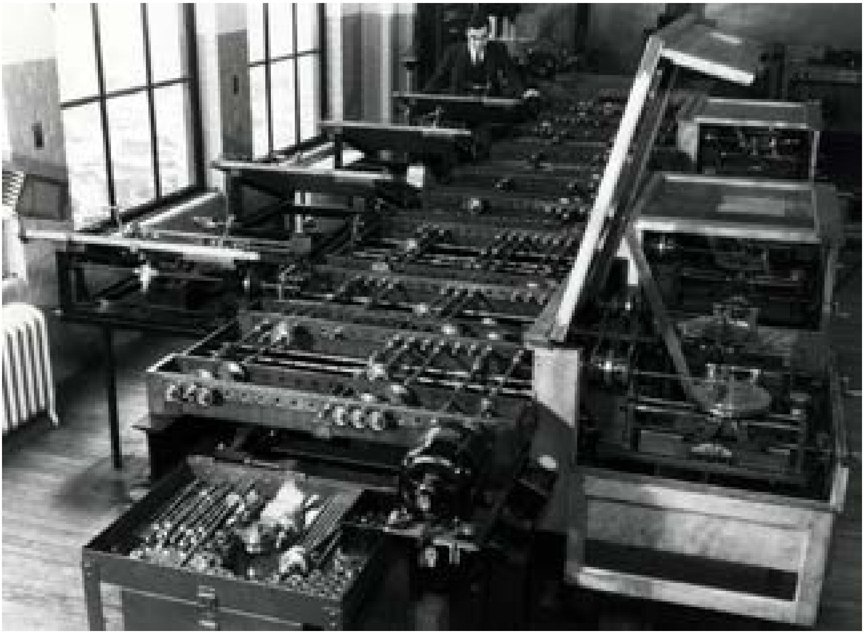
1800களில் உருவாக்கப்பட்ட வெற்றிகரமான கணக்கிடும் கருவிகள் கூட சார்லஸ் பாப்பெஜ் அவர்களின் கனவினைப் பூர்த்தி செய்ய இயலவில்லை. இந்த கருவிகள் அனைத்தும் ஒருவகையான கணக்குகளை மட்டும் தீர்க்க உதவின. ஹாலர்தின் கருவி மக்கள் தொகை சம்பந்தமான கணக்குகளை மட்டும் தீர்க்க பயன்படுத்தப்பட்டன. கெல்வின் கருவி அலைகள் சம்பந்தமான கணக்கீடுகளுக்கு மட்டும் பயன்படுத்தப்பட்டன.

1876இல் அனைத்து வகையான கணக்குகளையும் தீர்க்க கூடிய கருவியை வடிவமைக்க இயலும் என கெல்வின் ஒரு ஆய்வுக் கட்டுரையை வெளியிட்டார். 50 வருடங்களுக்கு முன் பாப்பேஜ் கூறிய யோசனையை புதுபிக்கும் விதமாக எல்லா கணக்குகளையும் தீர்க்க கூடிய கணினி வடிவமைக்கலாம் என கூறினார். ஆனால் அடுத்த அரை நூற்றாண்டில் ஒருவராலும் அத்தகைய கருவியை உருவாக்க இயலவில்லை. ஏனென்றால் அத்தகைய கருவி பெரியதாகவும் மிகவும் சிக்கலாகவும் இருக்கும். கடைசியாக இந்த பிரச்சனையை கையாண்டவர் வன்னவர் புஷ் (Vannevar Bush, *1890-1974) என்னும் அமெரிக்க பொறியாளர் ஆவார்.*

அவர் 1925இல் 'டிப்ரன்சியல் அனலைசர்' (படம் 11) என்னும் கருவியை உருவாக்கினார். இது கடினமான கணிதச் சமன்பாடுகளான வகையீட்டு நுண்கணிதச் சமன்பாடுகளைத் தீர்க்க உதவின. இந்தக் கருவியை உருவாக்க 5 வருடங்கள் ஆகின. இது பெரிய கருவியாக இருந்தது. இது பெரிய கருவியாக இருந்ததால் கைகளால் இயங்குவதற்கு பதிலாக மின்சார விசைப் பொறியினால் இயக்கப்பட்டது. (பாப்பேஜ் வாழ்ந்த காலத்தில் மின்விசைப் பொறி இல்லை என்பது குறிப்பிடத்தக்கது).

பாப்பேஜ் கருவியை போன்று பெரும்பாலான கருவிகள் இயந்திரமாக இருந்தாலும் மிகவும் தரமாக உருவாக்கப்பட்டது. இயந்திரத்தின் பாகங்கள் தரமாக இருந்தபோதும் கருவி சரியாக இயங்காததற்கு அணைத்து பாகங்களும் இயந்திரமாக இருப்பதே காரணம் என புஷ்

உணர்ந்தார். எனவே இதற்கு மாற்றாக வேறு ஒன்றை உருவாக்க வேண்டுமென நினைத்தார்.



படம் 11: வன்னவரின் டிபரன்சியல் அனலைசர்

மின்சாரத்தைக் காற்று கூட இல்லாத வெற்றிடத்தின் வழியாக எவ்வாறு செலுத்துவது என விஞ்ஞானிகள் அறிந்திருந்தனர். மின்சாரமானது மின்னுட்டப்பட்ட துகளின் வழியாக பாயும்பொழுது அவை எலெக்ட்ரான் என்றழைக்கப்பட்டன. இந்த எலெக்ட்ரானின் ஓட்டத்தை எளிதாக நிறுத்தவும் தொடங்கவும் முடியும். இது ஹோலரித்தின் துளையிடப்பட்ட கருவியைப் போல கணிப்பொறியினைக் கட்டுப்படுத்தும் பணியை மேற்கொள்ளப் பயன்படுத்தக்கூடியது.

எலெக்ட்ரான்களின் ஓட்டத்தைத் தொடங்க மற்றும் நிறுத்தக்

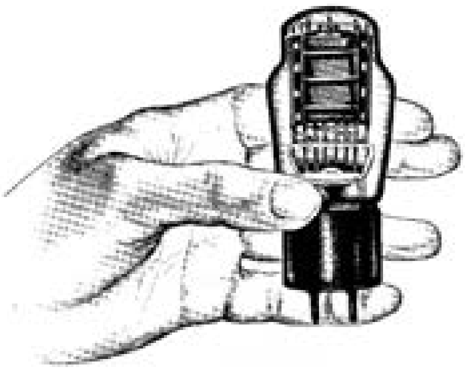
கூடிய ஒரு கருவியை புஷ் உருவாக்கினார். இதற்கு உள்ளே வெற்றிடமுள்ள ஓர் கண்ணாடிக் குமிழினை அவர் பயன்படுத்தினார். அமெரிக்காவில் இது குழாய்கள் (ஆங்கிலத்தில் ட்யூப்ஸ்) (படம் 12) என்று அழைக்கப்பட்டன. (இவை பொதுவாக வானொலி குழாய்கள் என்றழைக்கப்பட்டன. ஏனென்றால் இவை வானொலியில் பயன்படுத்தப்பட்டன.) புஷ் இந்தக் கருவியை ஒரு சில இடங்களில் வைத்து எலெக்ட்ரான்களை நிறுத்த மற்றும் தொடரச் செய்யும் நிலைமாற்றுக் குமிழியை உருவாக்கினார். புஷ் உருவாகிய இந்த கருவி பாதி மின்னணுக் கருவியாகும்.

புஷ் உருவாகிய இந்தக் கருவியே ஓர் செயல்முறைத் திட்டத்தையும் நினைவுப் பெட்டகமும் கொண்டதுமான ஓர் கருவியாகும். இந்த கருவியே முதன் முதலாக கணினி என்று அழைப்பதற்கு பொருத்தமாக அமைந்தது. பாபேஜ் மறைந்து 60 வருடங்கள் கழித்து அவரது கனவு நனவானது.

1980இல் புஷ்ஷின் டிப்ரன்சியல் அனலைசெர் வடிவமைக்கப்பட்ட பின், விஞ்ஞானிகள் இயந்திரங்களைக் கொண்டு சிக்கல்களைத் தீர்ப்பதில் அதிக ஆர்வம் காட்டினர். இவ்வாறு செய்யும்போது முன்னர் கண்டறிந்த கணித கண்டுபிடிப்புகளை இயந்திரத்தில் பயன்படுத்த முயன்றனர்.

உதாரணமாக, 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9 ஆகிய எண்களை எழுத நாம் பத்து தனித்தனி இலக்கங்களைப் பயன்படுத்துகிறோம். ஏனென்றால் நமது கைகளில் 10 விரல்கள் உள்ளது. வேறு முறைகளிலும் எண்களை எழுத இயலும். 1 மற்றும் 0ஐக் கொண்டு அனைத்து எண்களையும் எழுத இயலும்.

இரண்டு எண்களை மட்டும் பயன்படுத்தி அனைத்து எண்களையும் எழுதும் முறையை 1679இல் லிபினஸ் உருவாக்கினார். இவர் முதல் முதலில் எண்களைப் பெருக்குவதற்கு ஓர் கருவியைக் கண்டுபிடித்தவர். 1 மற்றும் 0-த்தைக் கொண்டு உருவாக்கப்பட்ட முறை ஈரிலக்க முறை



படம் 12: வெற்றிடக் குமிழ் (அ) வேக்வம் ட்யூப்

என்றழைக்கப்பட்டது. ஆங்கிலத்தில் இது பைனரி எண்கள் முறை எனப்பட்டது. கிரேக்க மொழியில் பைனரி என்ற சொல்லுக்கு "ஒரே நேரத்தில் இரண்டு" எனப் பொருளாகும். நாம் தற்போது உபயோகிக்கும் எண்கள் "டெசிமல் முறை" எனப்படும் தசம முறையாகும்.

இந்த இரண்டு இலக்க எண்கள் கீழ்க்கண்டவாறு வேலைசெய்யும்.

0000=0	***0100=4***	***1000=8***	***1100=12***
0001=1	***0101=5***	***1001=9***	***1101=13***
0010=2	***0110=6***	***1010=10***	***1110=14***
0011=3	***0111=7***	***1011=11***	***1111=15***

*மேலே உள்ள எண்களைப் படிக்கும்போது, இவை **1** மற்றும் **0** என்ற இரண்டு இலக்கங்களை மட்டும் பயன்படுத்தி எழுதப்பட்டுள்ளதை அறியலாம். இம்முறையில் நான்கு இலக்கங்களுடன் **15** வரை எழுதமுடிகிறது. இதைப்போலவே ஐந்து இலக்கங்களைப் பயன்படுத்தினால் **31** வரை எழுத இயலும். ஆறு இலக்கங்களைப் பயன்படுத்தினால் **63** வரை எழுதலாம். இலக்கங்களின் எண்ணிக்கை அதிகரிக்க அதிகரிக்க நாம் **1** மற்றும் **0**த்தைக் கொண்டு **10** லட்சம், **100** கோடி வரை எழுதலாம். ஒவ்வொரு எண்ணுக்கும் ஒரு தொடர் உள்ளது. உங்களுக்கு ஒரு எண்ணின் தொடரினை கொடுக்கும் போது, அந்தத் தொடரின் எண்ணை எளிதாக தசம இலக்க எண்ணில் கண்டறிய இயலும்.*

இரண்டு இலக்க எண்கள் எவ்வாறு வேலை செய்கின்றன என்பது ஒரு பெரிய விஷயம் இல்லை. இரண்டு இலக்க எண்ணை கொண்டு எந்த எண்ணையும் எழுத இயலும் எனப் புரிந்து கொண்டால் போதும். கணக்கீடு கருவிகளில் ஈரிலக்க எண்களைப் பயன்படுத்துவது முக்கியம் என எவரும் அப்போது புரிந்து கொள்ளவில்லை. அனைவரும் பாஸ்கல் பயன்படுத்திய 10 இலக்க எண்களையே பின்பற்றி வந்தனர்.

மின்னணுக் குழாய்கள் கணினியில் பயன்படுத்த ஆரம்பித்த பின்பு கணினியின் இயக்கத்தை எலெக்ட்ரான்களின் ஓட்டத்தைக் கொண்டு கட்டுபடுத்த மக்கள் முயன்றனர். எண் 1 எலெக்ட்ரான் ஓட்டத்தை தொடங்குவதற்கும் எண் 0 எலெக்ட்ரான் ஓட்டத்தை நிறுத்துவதற்கும் பயன்படுத்தப்பட்டது. அதாவது, எலெக்ட்ரான்களின் ஓட்டம், அதாவது மின்னோட்டம் நிகழ்ந்தால் 1 நிகழாவிட்டால் 0.

இதன் மூலமாக எலெக்ட்ரான் ஓட்டத்தின் தொடக்கம் மற்றும் நிறுத்தம் மூலமாக எண்களைக் குறிப்பிட முடியும். இந்த குழாய்கள் வழியாக செல்லும் எலெக்ட்ரான் பற்சக்கரம், சக்கரத்தை காட்டிலும் வேகமாக வேலை செய்தன. பற்சக்கரம், சக்கரம் போன்று வழுக்கி சிக்காமல் எலெக்ட்ரான் குழாய்கள் வேலை செய்தன. இவ்வாறு எலெக்ட்ரான் குழாய்கள் பற்சக்கரத்தைக் காட்டிலும் துல்லியமாக, வேகமாக வேலை செய்தன.

*பிறகு 1854இல் ஆங்கில கணிதவியலாளர் ஜார்ச் பூல் (*George Boole, *1815-1864) தர்க்க முறையை கையாளும் வழியை கண்டறிந்தார். (தர்க்கம் என்னும் பெயர் மக்கள் எவ்வாறு ஒரு பிரச்சனையை கையாளுகிறார்கள் என்பதை குறிக்கும். இது கணிதம் சம்பந்தமாக இல்லாமல் இருந்தாலும் கூட). பூல் ஆங்கில வார்த்தையை பயன்படுத்தாமல் குறியீடுகளை கொண்டு தர்க்க முறையை குறிப்பிடுவதை முன்வைத்தார். இவர் எவ்வாறு குறியீடுகளைக் கொண்டு விடை கண்டறிவது எனக் கண்டறிந்தார். ஒரு வகையான கணித முறையில் தர்க்கத்தை உருவாக்கி அதனைக் "குறியீட்டுத் தர்க்கம்" என அழைத்தார்.*

1913இல் குறியீட்டுத் தர்க்கம் ஆல்ப்ரட் நார்த் வைட்ஹெட் **(Alfred North Whitehead,** *1861-1947) பேட்ரன்ட்.ஏ.டபிள்யூ. ரூசல்* **(Bertrand A.W. Russel,** *1872-1970) என்னும் இரண்டு ஆங்கில கணிதவியலாளர்களால் மேம்படுத்தப்பட்டது. 1940இல் அமெரிக்க கணிதவியலாளர் கிளாடு எல்வுட் செனான்* **(Claude Elwood Shannon,** *1916-2001) என்பவர் எலெக்ட்ரான் தொடக்கம் மற்றும் நிறுத்தம் எண்களை குறிப்பதற்கு மட்டும் இல்லாமல் குறியீட்டுத் தர்க்க முறையை குறிப்பதற்கும் பயன்படுத்தலாம் எனக் கண்டறிந்தார். இவர் இது பற்றிய ஆய்வினை 1949இல் செய்து அதனைத் "தகவல் கோட்பாடு" என அழைத்தார். இது அனைத்து விதமான தகவல்களையும் எவ்வாறு கையாளுவது என்பது பற்றியதாகும்.*

இது பாபேஜின் கோட்பாட்டினைத் தாண்டிய ஒரு முதல் முன்னேற்றமாகும். இந்த முறை இயந்திரங்கள் எவ்வாறு கணிதம் இல்லாத சிக்கல்களைத் தீர்க்கப் பயன்படும் என்பதை விளக்கியதாகும்.

சனான் தனது கோட்பாட்டினை உருவாக்கிக் கொண்டிருந்த போது மற்றவர்கள் ஈரிலக்க முறையில் இயங்கும் இயந்திரங்களைக் கருவிகளைக் கண்டுபிடிப்பதில் ஈடுபட்டிருந்தனர், இந்த ஆய்வுகள் ஜெர்மனி, ஐக்கிய நாடுகள், பிரிட்டன் போன்ற நாடுகளில் நடைபெற்று வந்தது.

ஜெர்மனியில் கொனார்டு ஜூஸ் **(Konard Zuse,** *1910-) என்னும் பொறியாளர் ஈரிலக்க எண்ணின் அடிப்படையில் இயங்கும் இயந்திரத்தை 1936இல் கண்டறிந்தார். இது க்ஷ1 என்று அழைக்கப்பட்டது. இதில் அவர் நிலைமாற்றிகளாக மின்காந்த மாற்றியைப் பயன்படுத்தினார். மின்சாரம் செல்லும்போது இதிலுள்ள மின்காந்தம் உயிர்பெற்று இயங்கும். மின்சாரம் இல்லாதபோது மின்காந்தம் இயங்காது. அதனால் நிலைமாற்றியும் இயங்காது. மின்காந்த மாற்றி வேலைசெய்யும் பொழுது 1 எனவும், வேலை செய்யாத பொழுது 0 எனவும் எடுத்துக்கொள்ளப்படும்.*
சிலவருடங்களில், மின்காந்த மாற்றிகளுக்குப் பதிலாக குழாய்

மாற்றிகளைப் பயன்படுத்தினால் கணக்கிடும் கருவி அழகாகவும் வேகமாகவும் வேலை செய்யும் என ஜூஸ் கருதினார். குழாய் மாற்றி மின்காந்த மாற்றிகளைவிடச் சிறப்பாக இருக்கும் என அவர் கருதினார். ஆனால் 1939இல் இரண்டாம் உலக போர் தொடங்கியது. அடால்ப் ஹிட்லரின் ஆதிக்கத்தில் இருந்த ஜெர்மனி ஒன்றன் பின் ஒன்றாகப் பல வெற்றிகளை குவித்தது. ஹிட்லர் புதிய அறிவியல் முன்னேற்றங்களில் குறிப்பாக விரைவாக செய்து முடிக்க கூடிய வகையில் உள்ள கண்டுபிடிப்புகளில் ஆர்வம் காட்டினார். ஏனென்றால் அவற்றைக் கொண்டு போரில் விரைவாக வென்று விடலாம் என ஹிட்லர் நினைத்தார். அவர் கணினி தயாரிப்பில் அதிக ஆர்வம் காட்டாததால் சனான் அதிக நிதி உதவி பெற இயலவில்லை.

இதே சமயத்தில், அமெரிக்காவில் ஹார்வர்டு நகரில் ஹர்வேர்டு ஹத்வே அய்கன் **(Howard Hathaway Aiken,** *1900-1973) என்னும் கணிதவியலாளர் இதைப் போன்றதொரு வேலையில் ஈடுபட்டு வந்தார். மேலும் அவர் ஜுஸ் செய்யும் பணிகளை பற்றி அவர் அறிந்திருக்கவில்லை. அய்கன் தற்போது மிஙிவி என அழைக்கப்படும் ஹோலரித் அவர்களின் பழைய கம்பெனியிடம் இருந்து நிதியுதவி பெற்றார். இந்த விசயத்தில் ஜுஸைக் காட்டிலும் இவர் அதிர்ஷ்டசாலியாக இருந்தார்.*

அமெரிக்க ஐக்கிய நாடுகள் 1941இல் போரில் இறங்கியபோது அய்கன் கடற்படையில் சேர்ந்தார். கப்பலில் உள்ள பெரிய பீரங்கியால் எதிரில் உள்ள கப்பலை சரியாகக் குறிபார்த்து சுடுவதில் உள்ள சிரமத்தை அமெரிக்க அரசு உணர்ந்தது. (ஒவ்வொரு கப்பலும் வெவ்வேறு திசையில் நகரும். காற்றின் வேகம் இதில் சில மாற்றங்களை ஏற்படுத்தும். இதற்கேற்றவாறு பீரங்கியிலிருந்து குண்டுகளைச் செலுத்த வேண்டும். இது பற்றிய கணக்குகளை போட்டு முடிப்பதற்குள் கப்பல்களின் நிலையில் மாற்றம் ஏற்பட்டுவிடும்). இந்தக் கணக்கீடுகளைச் செய்ய அய்கன் தன்னுடைய கணக்கிடும் கருவியைத் தயார் செய்வதற்கு அவருக்கு விடுமுறை அளிக்கப்பட்டது. இவர் ஜுஸ் போன்று புறந்தள்ளப்படவில்லை.

அய்கன் ஜுஸ்ஸைப் போன்று மின்காந்த மாற்றிகளைப்

பயன்படுத்தினார். ஆனால் குழாய் மாற்றிகளைகளைப் பயன்படுத்த முயற்சி செய்யவில்லை. குழாய் மாற்றிககள் வேகமாக இருந்தாலும் நம்பத்தகுந்தவையாக இல்லை என நினைத்தார். 1943இல் அய்கன் தனது மார்க் 1 (படம் 13) என்னும் கருவியை செய்து முடித்தார்.

அதே சமயத்தில் இது போன்ற ஒரு கணக்கிடும் கருவியை உருவாக்க பிரிட்டனும் ஆர்வம் காட்டியது. ஜெர்மனியிலிருந்து அனுப்பப்படும் இராணுவ இரகசியத் தகவல்களைப் புரிந்துகொள்ள பிரிட்டனில் இத்தகையதோர் கருவி தேவைப்பட்டது. இந்தக் கருவியை கொண்டு பலவகையான சாத்தியக் கூறுகளை இரகசிய செய்திக்குப் பொருத்தி,



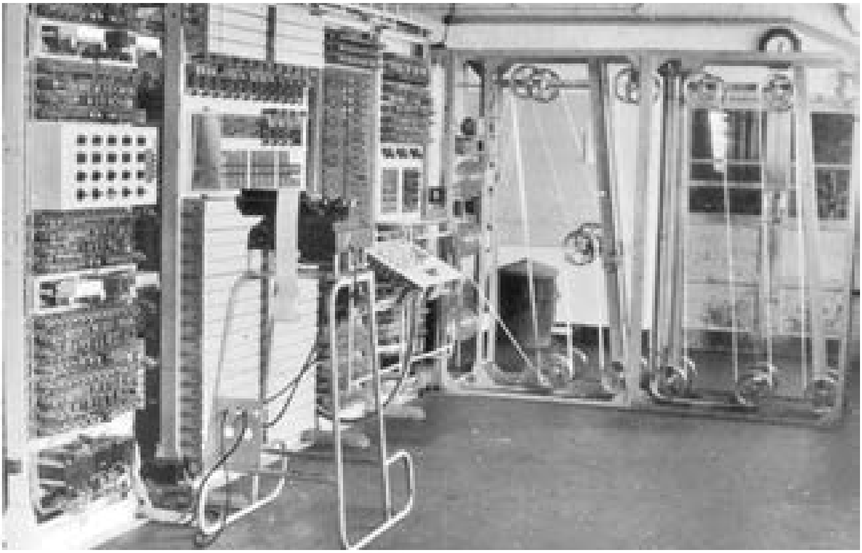
படம் 13: அய்கனின் மார்க் 1 கணினி

விரைவில் நடக்ககூடிய நிகழ்வினை கண்டறியலாம். இவ்வாறு ஜெர்மனி அனுப்பும் இரகசியச் செய்திகளைக் கண்டறிவதன் முலம் பிரிட்டன் தங்களைப் போருக்குத் தயார்படுத்தி கொள்ள முடியும்.

மேலும் பிரிட்டன் இந்தக் கருவிகளை கொண்டு குறியீடுகளை உருவாக்குவதன் முலம் ஜெர்மனியினால் கண்டறிய இயலாத இராணுவ இரகசிய சங்கேத மொழியினை உருவாக்க நினைத்தது. இதற்கு திறமையான கணிப்பொறி தேவைப்பட்டது. ஆலன் மதிசன் டூரிங் (Alan Mathison Turing, *1912-1954) என்ற கணிதவியலாளரின்*

உதவியோடு இது போன்ற கருவியை பிரிட்டன் உருவாக்கியது. இது கொலாசஸ் (Colossus) (படம் 14) என்றழைக்கப்பட்டது. இது 1943இன் முடிவில் பயன்பாட்டுக்கு வந்தது. போர் முடிவதற்குள் இது போன்ற 10 கருவிகள் உருவாக்கப்பட்டன.

கொலாசஸ் Z-1 மற்றும் மார்க் 1ல்லிருந்து முற்றிலும் மாறுபட்டது. அதனுள் 2000 மேற்பட்ட குழாய் மாற்றிகள் பயன்படுத்தப்பட்டன. இது தான் முதன் முதலில் உருவாக்கப்பட்ட மின்னணுக் கணக்கீட்டுக் கருவியாகும். ஆனால் இது இராணுவ இரகசியக் குறியீடுகளைக் கண்டறிய மட்டுமே பிரத்யேகமாக பயன்பட்டது. கொலாசஸ் இருந்ததனால்தான் ஜெர்மனி தோற்கடிக்கப்பட்டது பிரிட்டன் நினைத்தது. ஆனால் உண்மையில் ஹிட்லர் ஜுஸ்க்கு நிதியுதவி தர ஆர்வம் காட்டாததே தோல்விக்கு காரணமாகும்.



படம் 14: கொலாசஸ் இராணுவ இரகசியக் குறியீடுகளை கண்டறியப் பயன்படுத்திய கருவி

4. குழாய்களும் (வால்வுகளும்) ட்ரான்சிஸ்டர்களும்

ஆரம்ப கால இயந்திரங்கள் பொதுவான நோக்கத்திற்கு உருவாக்கப்பட்ட கருவியாக இருந்தால் அதில் மின்னணுக் கருவி இல்லை. மின்னணுக் கருவியாக இருந்தால் அது ஓர் தனிப்பட்ட நோக்கத்திற்காக உருவாக்கப்பட்டவையாக இருந்தன. ஆனால் அனைவருக்கும் பயன்படக்கூடிய ஓர் பொதுநோக்க மின்னணுக் கருவியே அனைவரின் எதிர்பார்ப்பாக இருந்தது. இதனை மின்னணுக் கணினி என எடுத்து கொள்ளலாம்.

இது போன்ற ஒரு இயந்திரத்தை 1944இல் பெனிசில்வேனியாப் பல்கலைகழகத்தைச் சார்ந்த அமெரிக்கப் பொறியாளர் ஜான் வில்லியம் மௌக்லீ **(John William Mauchly,** *1907-1980) உருவாக்க முடிவடுத்தார். இளம் பொறியாளர் ஜான் பிரஸ்பர் ஏக்கர்டு* **(John Presper Eckert, Jr.,** *1919-1995) உடன் இணைந்து இந்த இயந்திரத்தை உருவாக்கினார்.*

பிரிட்டனால் மிக ரகசியமாக உருவாக்கப்பட்ட கொலாசஸ் பற்றி இவர்கள் எதுவும் அறியாதபோதும் இந்த இயந்திரத்தை வெற்றிகரமாக செய்து முடித்தனர். இந்த இயந்திரம் மொத்தம் 18,000 மின்மாற்றிக் குழாய்களை கொண்டு 1946இல் செய்து முடிக்கப்பட்டது. இவ்வியந்திரம் ஈரிஇலக்க எண் முறைக்குப் பதிலாக தசம முறையைப் பயன்படுத்தியது. மெக்கலே மற்றும் எக்கர்டு இந்தக் கருவியை எலக்ட்ரானிக் ந்யூமெரிகல் இண்டகிரேடர் கேல்குலேடர்-இனியாக் **(Electronic Numerical Integrator and Calculator-ENIAC)** *என அழைத்தனர் (படம் 14)*

இனியாக்தான் உலகத்தின் முதல் கணினி ஆகும். இது 1946இல் மக்களுக்கு காட்சிப்படுத்தப்பட்டது. இதன் தசம முறைக் கணக்கீடுகள் இதன் வேகத்தை குறைத்தாலும், இது கடினமான கணக்குகளைக்கூட சில நொடிகளில் தீர்த்து காட்டியது.

கடைசியாக மனிதர்கள் எண்கணிதத்தை தன திறமையால்



படம் 15: இனியாக் 1946

முறியடித்தனர். 1946க்கு முன்பு மணிச்சட்டம் பயன்படுத்துவதில் திறமையான ஒருவர் கணினியை விட விரைவாக கணக்குகளைத் தீர்க்க இயலும். ஆனால் இனியாக் மணிச்சட்டம் பயன்படுத்துவரைக் காட்டிலும் 1000 மடங்கு விரைவாகத் தீர்வு தந்தது. இனியாக் செயல்பட ஓர் நிரலாக்கம் செய்யப்பட்டல், அதன் பின்னர் ஒரே ஒரு பொத்தானை அழுத்துவதன் மூலம் வேலைகளைச் செய்ய முடியும். முதன் முறையாக மக்கள் பாஸ்கல் தொடங்கி பல்வேறு அறிவியலாலர்கள் செய்த அரும்பணிகளை மக்கள் அறியத் தொடங்கினர். தற்போது மக்கள் மின்னணு முளைபற்றி பேச ஆரம்பித்தனர்.

மேலும் இனியாக் பொதுவான நோக்கங்களுக்குப் பயன்படுத்தப்பட்டது. இதன் திட்டங்களை மாற்றியமைத்து ஒரு வகை கணக்கீடுகளில் இருந்து மற்றொரு வகை கணக்கீடுகளைச் செய்ய இயலும். ஆனால் இதில் சில சிக்கல்கள் இருந்தது.

பிறகு ஹங்கேரிய அமெரிக்க கணிதவியலாளரான ஜான் வான் நியூமேன் **(John von Neumann,** *1903-1957) திட்டங்களை அதாவது கணினி நிரல்களை கணினியின் நினைவகத்தில் சேமிக்கலாம் என்ற யோசனையை முன்வைத்தார். இதன் மூலம் ஒவ்வொரு வகை கணக்கீடுகளைத் தீர்க்க முயலும் போதும் கணினியின் திட்டங்ககளை சிரமப்பட்டு மாற்றும் நிலையை தவிர்க்கலாம். ஒரு திட்டத்திலிருந்து மற்றொரு திட்டத்திற்கு ஒரு பொத்தானை அழுத்துவதன் மூலம் மாற்ற இயலும்.*



படம் 16: யுனிவாக் 1951

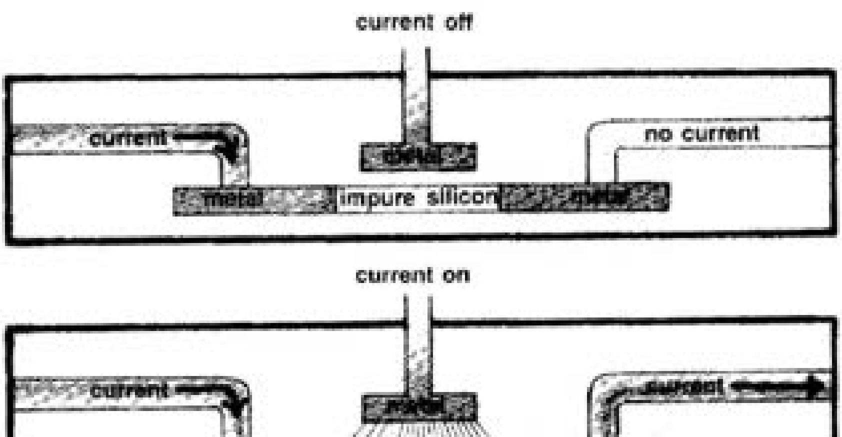
மெக்கலே மற்றும் ஏக்கர்டு இனியாக் கணினியைக் காட்டிலும் எளிமையான, சிறந்த கணினியை உருவாக்க முடிவெடுத்தனர். 1951இல் இவர்கள் யுனிவாக் **(Universal Automatic Computer-UNIVAC)** *என்னும் வணிக ரீதியான விற்பனை செய்யும் கணினி உருவாக்கினர் (படம் 16).*

ஆனாலும் இதில் தீர்க்க வேண்டிய வேறொரு பிரச்னை இருந்தது. குழாய்கள் அய்க்கன் கூறியது போல நம்பக தன்மை உடையனவாய் இல்லை. அவை கண்ணாடியால் செய்யப்பட்டிருந்ததால் உடைவதற்கு வாய்ப்பிருந்தது. உடையாமல் இருந்தாலும் கூட அவை கசிவதற்கு வாய்ப்பு இருந்ததால், குழாய்களுக்கு உள்ளே இருந்த வெற்றிடம் பாதிக்க வாய்ப்பு இருந்தது. இந்தக் காரணங்களால் குழாய்கள் உடைந்து போயின. எனவே அவற்றை அடிக்கடி மாற்றவேண்டி இருந்தது.

மேலும் குழாய்கள் பெரியதாக இருந்தன. குழாய்களின் உள்ளே வெற்றிடம் போதுமானதாக இருந்தால் தான் எலக்ட்ரான் வேகம்

சரியாக இருக்கும். பல ஆயிரம் குழாய்கள் இருப்பதால் கணினி பெரியதாக இருக்கும். மேலும் இதில் உள்ள மற்றொரு முக்கியமான பிரச்னை எலக்ட்ரான் ஓட்டம் குழாய்களின் உள்ளே வெப்பத்தை அதிகரிக்கிறது. இது அதிகமான சக்தியை எடுப்பதால் குழாய்கள் குழாய்கள் வெப்பத்தை தாங்குமாறு சற்று இடைவெளி விட்டு வைக்கப்பட வேண்டும். கணினி பெரியதாக இருப்பதாலும் அதிகமான சக்தி இயங்கத் தேவைபடுவதாலும் கணினி விலை உயர்ந்ததாக ஆகியது. மேலும் குழாய்களின் வெப்பம் அதிகரித்த பின்னரே அவற்றின் வேகம் அதிகரிக்கும், இதனால் கணினியின் வேகம் குறைந்தது.

இதில் மாற்றம் செய்வதற்கு எந்த வாய்ப்பும் இல்லாததால் கணினி எப்பொழுதும் பெரியதாகவும் விலையுயர்ந்தும் காணப்பட்டு, பயன்படுத்தச் சாதகமாக இருக்கவில்லை. இவ்வாறு இருந்தபொழுதும் 1948இல் ஆங்கில அமெரிக்க அறிவியலாளர் வில்லியம் பிராட்போர்டு சாக்லே **(William Broadford Shockley,** *1910-1989)* மற்றும் இரண்டு அமெரிக்க ஆய்வாளர்கள் வால்டர் ஹவுசர் பிரட்டர்ன்



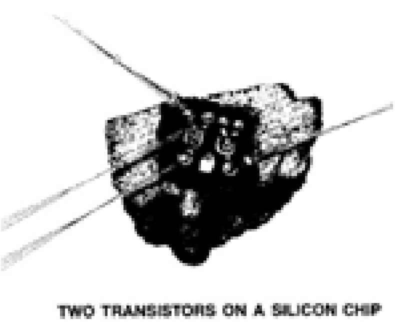
படம் 17: ட்ரான்ஸ்சிஸ்டர் வேலை செய்யும் முறை

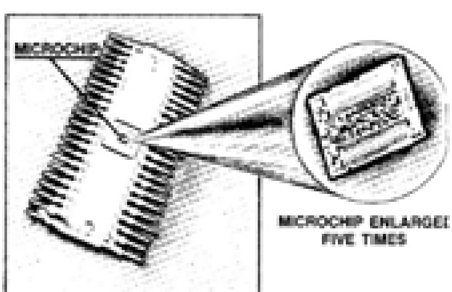
(Walter Houser Brattain, *1902-1987)* மற்றும் ஜான் பார்டன் (John Bardeen, *1908-1991)* குழாய்க்குப் பதிலாகப் பயன்படுத்தக்கூடிய ஓர் மாற்றினை உருவாக்கினர்.

சில திடப் பொருட்கள், உதாரணமாக, பாறைப் பொருட்களில் இருந்து கிடைக்கக்கூடிய சிலிகானை எலக்ட்ரான்களைக் கடத்தக் கூடியதாக மாற்றியமைக்க முடியும். இந்த திட நிலைக்கருவிகள் எலக்ட்ரான்களை கடத்துவதற்கு குழாய்களுக்குப் பதிலாகப் பயன்படுத்தப்பட்டது (படம் 17). ஒரு திட நிலைக்கருவி மின்குழாய் இயங்குவது போல இயங்கும். அதன் பெயர் ட்ரான்ஸ்சிஸ்டர் ஆகும்.

ட்ரான்ஸ்சிஸ்டர் மின்குழாய்களைக் காட்டிலும் பல நன்மைகள் கொண்டது. இது திட வடிவில் இருப்பதால் உடையவோ கசியவோ வாய்ப்பில்லை. வெற்றிடக் குழல் போன்று பெரிய அமைப்பு தேவை இல்லாததால் மின்பெருக்கி குழாய்களை காட்டிலும் சிறியதாக இருக்கும். குழாய்கள் போன்று வெப்பத்தை இவை உமிழ்வதில்லை. எனவே குறைந்த சக்தியை கொண்டு இவற்றை இயக்க இயலும்.

உண்மையில் முதலில் ட்ரான்ஸ்சிஸ்டர் உருவாக்கப் பட்டபோது, அவை சாதகமாக வேலை செய்யவில்லை, ஏனென்றால் அறிவியலாளர்களுக்கு அதை எவ்வாறு உருவாக்குவது என சரிவர தெரியவில்லை. விரைவில், நன்றாகவும் சாதகமாகவும் வேலை





படம் 18: சில்லு, நுண்சில்லு

செய்யுமாறு உருவாக்கியது மட்டுமல்லாமல் விலை மலிவாகவும் சிறியதாகவும் அதனை உருவாக்கினர்.

கணினியின் வரலாற்றில் ட்ரான்ஸ்சிஸ்டர் ஒரு மிகப்பெரிய திருப்புமுனையாக அமைந்தது. பல்சக்கரம், சக்கரம் இருந்தபோது கணினியை சரிவர உருவாக்க இயலவில்லை. மின்மாற்று குமிழ், மின் குழாய்கள் இருக்கும்பொழுது உருவாக்கப்பட்ட கணினி பார்பதற்கு பெரியதாகவும் விலை உயர்ந்ததாகவும் இருந்தது. ட்ரான்ஸ்சிஸ்டரைப் பயன்படுத்துவதன் மூலம் கணினியைச் சிறியதாகவும் மலிவாகவும் உருவாக்க முடிந்தது. உண்மையில் ட்ரான்ஸ்சிஸ்டர் கணினியை சிறியதாகச் செய்ய உதவியது.

5. சில்லுகளும் நுண்சில்லுகளும்

முதலில் கணினியின் சிற்றுருவாக்கம் குறைந்த அளவிலேயே நடைபெற்றது. குழாய்களுக்கு பதிலாக ட்ரான்ஸ்சிஸ்டர் பயன்படுத்தப்பட்டு கணினி சிறியதாக உருவாக்கப்பட்டது. இதில் குழாய்களைக் காட்டிலும் ட்ரான்ஸ்சிஸ்டர் மிக நெருக்கமாக அமைக்கப்பட்டது.

இதனால் கணினி அளவு கணிசமாக சிறியதாக்கப்பட்டது. ஆனால் கணினி ட்ரான்ஸ்சிஸ்டரால் மட்டும் ஆனது அல்ல. ட்ரான்ஸ்சிஸ்டர்கள் மற்ற பாகங்களுடன் இணைக்கப்பட்டு ஓர் மின்சுற்றினை **(circuit)** *உருவாக்கி அதன் வழியாக மின்சாரம் செலுத்தப்பட்டது. ட்ரான்ஸ்சிஸ்டர் மின்சாரத்தை நிறுத்த, அனுப்ப உதவும் நிலைமாற்றியாகச் செயல்படுமே ஒழிய அதுவே மின்சுற்று ஆகாது.*

இதன் காரணத்தால் கணினியின் அளவினை குறைப்பது என்பது மின்சுற்று அளவினை குறைப்பது என்று கருதப்பட்டது. எனவே 1960இல் எவ்வாறு மின்சுற்றினை சிறியதாக்குவது என யோசித்தனர்.

ஒரு சிறிய தூய்மையான சிலிகான் சில்லின்மீது பிற பொருட்களை மெல்லியபூச்சாகப்பூசினர். இதன்மேற்பரப்புசிறிய பகுதிகளாக்கப்பட்டு, ஒவ்வொன்றும் ஒரு மின்சுற்றின் பகுதியாக வேலை செய்தது. இந்த வெவ்வேறு பகுதிகள் ஒன்றாக இணைக்கப்பட்டு ஒருங்கிணைந்த சுற்று **(Integrated circuit-IC)** *உருவாகப்பட்டது. முழுசுற்றும் ஒரு சிலிகான் சில்லுக்குள் வடிவமைக்கப்பட்டது.*

சிறிது சிறிதாக அறிவியலாளர்கள் ஒரு சில்லினை மிக சிறியாதாக வடிவமைக்க கற்று கொண்டனர். அதன் மூலம் நுண்சில்லு (படம் 18) உருவானது. இவ்வாறு சில மற்றும் பல சுற்றுகளை சில்லினுள் உருவாக்க பூதக்கண்ணாடி கொண்டு நுன்சில்லினை உற்பத்தி செய்தனர். கணினியைச் சிறியதாக செய்ததன் மூலம் இனியாக்கைக் காட்டிலும் மிக வேகமாக செயல்படக்கூடிய கணினியை உருவாக்க

முடிந்தது. இது விலை குறைவாகவும் இருந்தது.

சில டாலருக்கு உங்களால் இப்போது பாக்கெட் கேல்குலேடரை (படம் 19) வாங்கி கூட்டல் கழித்தல் பெருக்கல் வகுத்தல் மற்றும் பல கணக்குகளை சில வினாடிகளில் எந்த வித சக்தியும் இன்றி செய்ய இயலும்.



படம் 19: பாக்கட் கேல்குலேட்டர்

இதுபோன்ற ஒளிமின்கலத்துடன் கூடிய பாக்கெட் கேல்குலேடர் என்னிடம் உள்ளது. சூரிய ஒளி அல்லது வெளிச்சம் இதன் மேல் படும்பொழுது இது மின்சக்தியை உருவாக்கக்கூடியது. இந்த பாக்கெட் கேல்குலேடர் வேலை செய்யத் தேவையான அனைத்து மின்சக்தியும் ஒரு மேசை விளக்கினால் உருவாக்க இயலும். இதற்கு மின்கலம் மாற்றுவதோ அல்லது மின்சக்தி ஏற்றுவதோ என்று எதுவம் தேவையில்லை.

என்னிடம் ஒரு மின்கணினி உள்ளது. அது பார்க்க சிறியதாக உள்ளது. அதனுள் பல கணினி நிரல்கள் எழுதப்பட்டு எளிமையாக, வேகமாக, நாற்பது வருடங்களுக்கு முன் உருவாக்கிய இனியாக்கைக் காட்டிலும் சிறப்பாக வேலைசெய்யும் வகையில் அது அமைக்கப்பட்டுள்ளது. இனியாக் ஒரு முழு அறையையும் அதிக சக்தியையும் எடுத்து கொள்ளும். ஆனால் என்னுடைய சொந்த கணினியை சட்டை பையில் கூட வைத்து கொள்ள முடியும்.

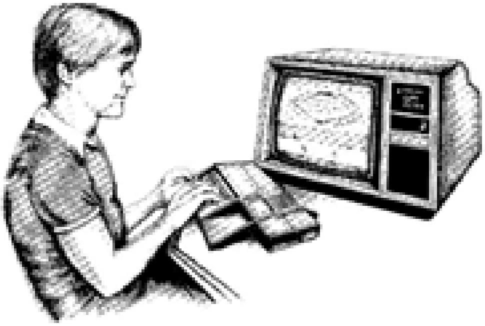
1950களில் அமெரிக்க அரசாங்கம் வரி சேகரிப்பினை கணக்கீடு செய்ய, அதில் உள்ள கணக்குகளைத் தீர்க்க கணிணியைப் பயன்படுத்தியது. மேலும் கணினி அணுஆயுதம் தொடர்பான வேலைகளைச் செய்யவும், சோவியத் அரசுடனான விண்வெளிப் போட்டியிலும் கணினி

உதவியது. முழு அரசாங்கமும் கணினி பயன்படுத்தத் தொடங்கியது.

1960களில் கணினிகள் சிறியதாகவும் விலை மலிவானதாகவும் நன்கு இயங்கக் கூடியதாகவும் இருந்ததால் பல பெரிய தொழில் நிறுவனங்கள் அவற்றைப் பயன்படுத்தத் தொடங்கின. தொழில் நிறுவனங்கள் தங்களுடைய விற்பனை, செலவுக் கணக்கு போன்றவற்றைக் கையாள கணினிகளைப் பயன்படுத்தின.

1970களில் கணினி மேலும் சிறியதாகவம் மலிவாகவும் உருவாக்கப்பட்டது. அனைத்து அலுவகங்களிலும் மக்கள் கணினி பயன்படுத்தினர். வங்கிகள் காசோலை, வைப்புத் தொகை, பணமெடுத்தல் என அனைத்தையும் கணினியைக் கொண்டு செய்தனர். மற்ற நிறுவனகளும் கணினியைப் பயன்படுத்த தொடங்கின.

இப்போது 1980களில் கணினி மேலும் சிறியதாக, மலிவாக ஒவ்வொரு வீட்டிலும் பயன்பாட்டுக்கு வந்துள்ளது. இப்போது இது வீட்டுக் கணினி என்று அழைக்கப்படுகிறது.



படம் 20: தொலைக்காட்சியுடன் இணைக்கப்பட்ட கணினி விளையாட்டுக் கருவி

கணினி விளையாட்டு (படம் 20) என்பது மிகவும் பிரபலமான ஒன்று. இந்த விளையாட்டில் சிறிய பொருள் ஒன்று திரையில் தோன்றும். இதனை கணினி நிரல்கள் மூலம் முன்னே பின்னே நகர்த்த இயலும். இந்த ஒளிஒலி விளையாட்டினை விளையாடும் ஒருவரால் திரையில் வரும் பொருளை கணினியோடு இணைக்கப்பட்டுள்ள இயக்கக் குச்சி (joy stick) அல்லது வேறு

வகையான கருவிகள் கொண்டு கட்டுபடுத்த இயலும். போர்க் கப்பல் விளையாட்டு விளையாடும் நபர் ஒருவர் கணினியில் முன்னரே உள்ள நிரலாக்கத்திற்கு மாற்றாக விளையாடும் ஒருவர் தனது பகைவர் கப்பலை உடைத்து அழைக்கலாம் அல்லது அதற்கு முன்பு அவரது கப்பலுடைந்து விடும்.

பெரும்பாலான காணொளி விளையாட்டுகளில் போர் மற்றும் வன்முறை இருந்தபோதும் அறிவுசார் விளையாட்டுகளும் விளையாட முடிந்தது. ஒரு வீட்டுக்கணினியை சதுரங்கம் விளையாடத் தேவையான நிரலாக்கத்தோடு அமைத்தால் மனிதர்கள் அக்கணினியுடன் சதுரங்கம் விளையாட முடியும். கணினியில் அமைக்கப்படும் சில சதுரங்க விளையாட்டு நிரலாக்கங்கள் மிகச் சிறந்தவை. ஆதலால் கணினியால் மிகச் சிறந்த விளையாட்டு வீரரை கூட வெல்ல இயலும். உலகத்தின் மிகச் சிறந்த சதுரங்க வீரராக கணினி வெகு விரைவில் வர வாய்ப்புள்ளது.



படம் 21: ஐசக் அசிமோவ் தன்னுடைய கணினியுடன்

வீட்டுக்கணினி பிற வேலைகளைச் செய்யவும் உதவும். உதாரணத்திற்கு இந்தப் புத்தகம் கணினியின் சொற்செயலி கொண்டு உருவாக்கப்பட்டது (படம் 21). நாம் அடிக்கும் சொல் அச்சு ஒளித்திரையில் வரும். ஒரு பக்கத்தை அச்சடித்த பின்பு அவற்றில் சில வார்த்தைகளை அல்லது பத்தியை மறு அச்சு செய்யலாம். என்னால் சில வார்த்தைகள், வாக்கியம், பக்திகளை இங்குமங்குமாக மாற்ற இயலும். என்னால் பத்தியை மாற்றி அமைக்க முடியும். குறிப்பிட்ட

வார்த்தையை கண்டுபிடித்தல் மற்றும் சொற்பிழை உள்ள வார்த்தைகளை கண்டுபிடிக்க இயலும்.

வேறு வகையில் சொல்ல வேண்டுமானால் சொற்செயலிக் கட்டளையை பயன்படுத்தி முழு பிரதியையும் மாற்ற இயலும். எதை மாற்றினாலும் அதை மாற்றுவது தெரியாது. முழு பிரதியையும் மாற்றிய பின்பு அது பார்பதற்கு புதியது போல தோன்றும்.

நான் எழுதிய அனைத்துப் பக்கங்களும் காகிதத்தில் தானியங்கியாக அச்சடிக்க முடியும். இதில் கவனிக்க வேண்டிய விஷயம் என்னவென்றால் தட்டச்சினைக் காட்டிலும் நான்கு மடங்கு வேகமாக இதில் அச்சிட முடியும். நாம் கவனக்குறைவாக ஏதும் பிழைகள் விட்டிருந்தால் ஒழிய வேறு பிழைகளின்றி இதில் அச்சடிக்க முடியும்.

இந்த சொற்செயலிக்கான நிரலாக்கத்தினை ஓர் சிறு பிளாஸ்டிக் தட்டில் (இது சிறிய ஒலித்தட்டு போல இருக்கும்) நாம் வைத்துக் கொள்ளலாம். இது நெகிழ்வட்டு (Floppy Disc) என அழைக்கப்படுகிறது. கணினித் திரையில் நாம் காணும் சொற்றொடர்களை நெகிழ்வட்டில் ஒரு கோப்பாகப் பதிவு செய்துகொள்ளல்லம். என்னுடைய ஒரு நெகிழ்வட்டு 125 பக்கங்கள் அச்சடிக்கப்பட்ட கோப்பினை சேமித்து வைக்கக்கூடிய திறனுடையது.

என்னுடைய கோப்பினை நான் அச்சடிக்க விரும்பவில்லை என்றால் நெகிழ்வட்டினை பதிப்பாளர்களுக்கு அனுப்பலாம். அவர்கள் கணினியில் நெகிழ்வட்டினை பயன்படுத்தும் வசதி இருந்தால் கோப்பினை திரையில் பார்த்து, தங்களுக்கு தேவைப்படும் மாற்றத்தை செய்து, நெகிழ்வட்டில் சேமிக்கலாம் அல்லது அவர்கள் அதனை நேரடியாகப் புத்தகமாக அச்சிடலாம்.

விரைவில் ஓர்நாள், ஒவ்வொரு வீட்டிலும் உள்ள கணினியும் தொலை தூரத்தில் உள்ள ஓர் கணினியுடன் இணைக்கப்பட்டு ஒவ்வொருநாளும் உலகில் நிகழும் பல்வேறு செய்திகளை அனைவரும் அறிந்தது கொள்ளலாம்.

கணினியின் விசைப்பலகையை அழுத்தி நாளைய வானிலை, தலைப்புச் செய்தி, பங்குச்சந்தை நிலவரம் ஆகியவற்றை வீட்டில் இருந்து கொண்டே அறிய இயலும். பல்பொருள் அங்காடியில் பொருட்களுக்கான இன்றைய சலுகை விலைய அறிந்து கொள்ள முடியும்.

உண்மையில் உலகிலுள்ள அனைத்து நுலகச் செய்திகளையும் கணினியில் கொண்டு வந்து ,சரியான கேள்வியை கேட்டு, அதற்கான பதிலைப் பெற்று கொள்ளலாம். ஒரு பாடத்தைச் சார்ந்த அனைத்து புத்தகங்களையும் வகைப்படுத்த முடியும். ஒரு புத்தகத்தின் எந்தவொரு பக்கத்திற்கும் உடனடியாக செல்ல இயலும். உங்கள் கணினியால் புத்தகத்தின் எந்த ஒரு பக்கதையும் காட்ட இயலும். மேலும் உங்களுக்கு தேவைப்படும் எந்தச் செய்தியினையும் அச்சடிக்க இயலும். இவ்வாறு செய்யும் பொழுது கணினி கற்பிக்கும் கருவி ஆகிறது. குழந்தை, முதியவர் என யாராக இருந்தாலும் கணினியிடம் சரியான கேள்வியை கேட்டு தானாகக் கற்றுக்கொள்ள இயலும்.

இதைப் பற்றி நினைக்கும்பொழுது, கணினி மனிதர்களை விட புத்திசாலித்தனம் வாய்ந்ததோ? என்ற கேள்வி நமக்கு தோன்றலாம். ஒரு நாள் மனிதர்கள் செய்யக்கூடிய அனைத்து வேலைகளையும் அதைவிட அதிகமாகவும் கணிணியினால் செய்ய இயலுமா? கணினியை மனிதர்களுக்கு பதிலாகப் பயன்படுத்த இயலுமா?

அநேகமாக இல்லை.

மனிதமூளை 10000,00,00,000 நியூரான்களால் அல்லது நரம்பு செல்களால் உருவாக்கப்பட்டது. ஆனால் கணினியில் இத்தனை பகுதிகள் இல்லை. அவ்வாறு இருந்தாலும் நியூரான் ட்ரான்ஸ்சிஸ்டர் போல நிலைமாற்றியாக வேலை செய்வதில்லை. ஒவ்வொரு நியூரானும் பல லட்சம் மூலக்கூறுகளால் உருவானதால், ஒரு நியூரான் கூட கணினியை காட்டிலும் சிக்கலான அமைப்பு கொண்டது.

ஆனால் தற்போது சிலவிசயங்களில் மனிதர்களின் மூளை பணி செய்வதை விட சிறப்பாக கணினி பணி செய்கிறது. 100 வருடங்களுக்கு முன்பு உருவாக்கப்பட்ட ஹோலார்த் துளையிடப்பட்ட அட்டை கருவி, கடினமான கணித வேலையை மனித மூளையை விட விரைவாக ஆனால் குறைந்த தவறுகளோடு செய்து முடித்தது.

ஆனால் மனித மூளையின் உள்ளுணர்வு, கற்பனைத்திறன், படைப்பாற்றல் கற்பனை ஆகியன கணினியிடம் இல்லை. இது போன்ற திறன்களை மேம்படுத்த நிரல்களை நம்மால் உருவாக்க இயலாது. ஏனென்றால் இத்தகைய திறமைகளை மனிதர்களாகிய நாம் எவ்வாறு பயன்படுத்கிறோம் என்பதை கூட நம்மால் இன்னும் புரிந்து கொள்ள இயலவில்லை.

உதராணமாக, நான் ஒரு கதை எழுதும் பொழுது எவ்வளவு வேகமாக எழுத முடியுமோ அவ்வளவு வேகமாக ஒன்றன்பின் ஒன்றாக சரியான வார்த்தைகளைப் பயன்படுத்துகிறேன்.

ஆனால் கணினியை இவ்வாறு செய்ய வைப்பது எவ்வாறு? அகராதியில் உள்ள அனைத்து வார்த்தைகளும் நினைவகத்தில் இருந்தாலும் முதலாவதாக, இரண்டாவதாக, முன்றாவதாக எந்த வார்த்தையைப் பயன்படுத்துவது என்று கணிப்பது எப்படி? வார்த்தைகளை எழுதும் பொழுது வருவது போல தேர்ந்தெடுப்பது எவ்வாறு?

ஒருநாள் உண்மையில், கணினியை இதற்கு எவ்வாறு திட்டமிடுவது எனக் கற்றுகொள்ளலாம். ஆனால் அது மிகவும் கடினமான திட்டமிடுதல் ஆக இருக்கும். இதற்கதுப் பல வேலைகள் செய்ய வேண்டி இருக்கும். ஆனால் மனிதர்களாகிய நம்மால் இவற்றை எளிதாக செய்யமுடியும்.

இதற்குப் பதிலாக இரண்டு வகையான அறிவுத்திறமை கிடைக்கக் வாய்ப்புள்ளது. அவை கணினி மற்றும் மனிதன் ஆகும். இரண்டும் மிக திறமையாகச் செயல்பட்டு இணைந்து பணிபுரியுமாறு

வடிவமைக்கப்படும். இவ்வாறு இணைந்து பணிபுரியும்போது ஒவ்வொன்றும் தனியாக பணிபுரிந்தால் உள்ள திறமையைக் காட்டிலும் பல மடங்கு அதிகமாக இருக்கும்.

எதிர்காலத்தில் கணினியும் மனிதர்களும் இணைந்து அழகாகச் செய்யக்கூடிய வேலைகளை நாம் எண்ணிப்பார்க்க வேண்டும். இந்த உலகத்தில் உள்ள பிரச்சனைகளைத் தீர்க்கூடிய வகையில் கணினி நண்பனாகவும் உதவியாளனாகவும் இருக்ககூடிய நாட்கள் வெகு விரைவில் வரப் போகின்றன.

அந்த நாள் வரும்போது, கணிணியினால் மனிதர்களைப் போல யோசிக்கவும் அழகான சிந்தனைகளை, கற்பனைத் திறனை மனிதர்களை விட திறம்பட பயன்படுத்தவும் இயலும்.

முற்றும்

ஐசக் அசிமோவ் ஒரு தலை சிறந்த கதாசிரியர் விஞ்ஞான ரீதியான கதைகளை புனைவதிலும் எழுதுவதிலும் உலகப் புகழ் படைத்தவர். விஞ்ஞான உலகின் முன்னேற்றங்களைப் பற்றி அறிந்து கொள்வதில் நிபுணராகவும், விஞ்ஞான விந்தைகளைத் துறை சாராதவர்களுக்கும் சாமானியர்களுக்கும் எடுத்துச் சொல்வதில் ஆர்வமும் திறமையும் படைத்தவர் அசிமோவின் புத்தகங்கள் விஞ்ஞான கருத்துக்களையே உள்ளடக்கியவை ஆயினும் படிப்பதற்கு கதைகள் போல் எளிய நடையில் இருக்கும்.



நம் மூளைக்கும் கைகளுக்குமாக இருந்த நினைவுகளும் கணக்குகளும் கணினிக்கு மாறியது எப்போது? இன்றைய கணினி தொழில்நுட்பத்தின் அபார வளர்ச்சிக்கு ஆரம்ப கால கட்டமைப்புகள் என்னவாக இருந்தன ஆகியவற்றை தெளிவாக எடுத்து சொல்லும் நூல் இது.

தூறல் புக்ஸ்
69, Pillayar koil street, R.V.Nagar, Jafferkhanpet, Chennai – 600083.
Ph: 044 24892018, thooralbooks@gmail.com, www.thooralbooks.com